

**STUDI KUALITAS UDARA DI PERSIMPANGAN JALAN
BERKAITAN DENGAN ANTRIAN
KENDARAAN BERMOTOR
DI KOTA PADANG**



Tesis

YUNITA DWI RIMA
L4K 002055

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2004**

TESIS
STUDI KUALITAS UDARA DI PERSIMPANGAN JALAN
BERKAITAN DENGAN ANTRIAN
KENDARAAN BERMOTOR
DI KOTA PADANG

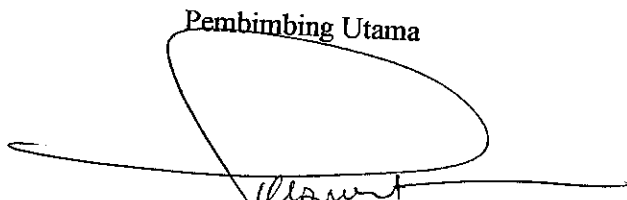
Disusun oleh

Yunita Dwi Rima
L4K 002055


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 7 Juni 2004
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

Pembimbing Utama

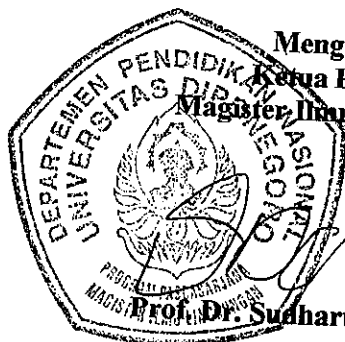

Dr. Ir. Purwanto, DEA

Pembimbing Kedua


Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,




Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

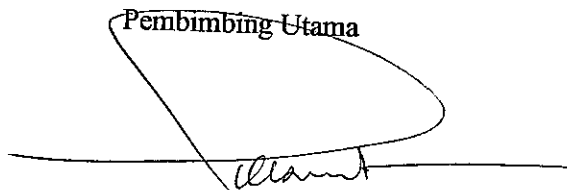
UPT-PUSTAK-UNBIP	
No. Daft:	3225/5/KIL/c/
Tgl:	30/12 2004

Judul Tesis : Studi Kualitas Udara Di Persimpangan Jalan Berkaitan Dengan
Antrian Kendaraan Bermotor Di Kota Padang
Nama Mahasiswa : Yunita Dwi Rima
Nomor Induk Mahasiswa : L4K 002055
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan
Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 7 Juni 2004
Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk di terima

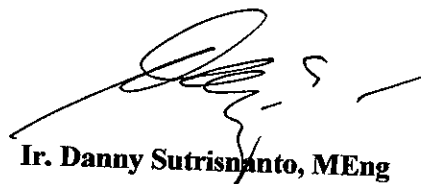
Menyetujui :

Pembimbing Utama



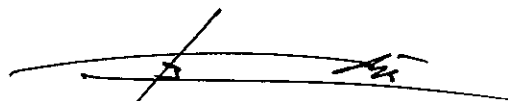
DR. Ir. Purwanto, DEA

Pembimbing Kedua



Ir. Danny Sutrisnanto, MEng

Penguji I



Ir. Syafruddin, CES, MT

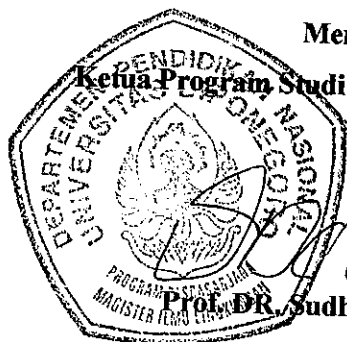
Penguji II



Ir. Wahyu Krisna Hidayat, MT

Mengetahui :

Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan



Prof. DR. Sudharto P. Hadi, MES

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka

Semarang, Juni 2004

YUNITA DWI RIMA

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya yang besar jualah penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penulisan Tesis ini, kendati dengan segala keterbatasan dan kekurangan yang ada pada penulis.

Tesis berjudul "Studi Kualitas Udara Di Persimpangan Jalan Berkaitan Dengan Antrian Kendaraan Bermotor Di Kota Padang" ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Magister di Universitas Diponegoro Semarang.

Selesainya penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan moril ataupun materil baik langsung ataupun tidak langsung dari berbagai pihak, dorongan serta bimbingan yang tulus dari Bapak **Dr. Ir. Purwanto, DEA** selaku pembimbing Utama dan **Ir. Danny Sutrisnanto M.Eng**, selaku pembimbing kedua dalam penelitian dan penulisan. Berkaitan dengan hal tersebut penulis manghaturkan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada Ayahnda dan Suami tercinta serta kakak, adik-adik yang dengan kasih yang tulus dan sayangnya yang ikhlas telah memberikan dorongan moril dan materil demi selesainya pendidikan ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES selaku Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro
2. Ir. Agus Hadiyanto, MT selaku Sekretaris Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro

3. Ir. Syafruddin CES, MT selaku penguji I pada Ujian Tesis
4. Ir. Wahyu Krisna Hidajat, MT selaku penguji ke II
5. Para Dosen dan seluruh staf Administrasi MIL yang telah membantu dalam hal kelancaran studi.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini sudah sepatutnyalah penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Departemen Prasarana Wilayah yang telah memberikan fasilitas beasiswa RSSP-ADB ini
2. Ir. Hedyanto WH, MSCE, MSi, selaku Kepala Dinas Prasarana Jalan Propinsi Sumatera Barat yang telah memberi ijin untuk mengikuti Tugas Belajar dari Beasiswa RSSP-ADB ini.
3. Ir. Mesra Eza, MSCE, selaku Kasubdin Bina Program yang selalu mendorong dan memotivasi untuk menambah pengetahuan
4. Semua pihak yang telah membantu memberikan semangat, dorongan dan bantuan, terutama pada rekan-rekan seangkatan, serta pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga budi baik dan amal ibadahnya dapat balasan, diterima oleh Allah SWT, Amiiin.

Semarang, Juni 2004

Yunita Dwi Rima

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xv
ABSTRAK	xvi
I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	6
I.3 Tujuan Penelitian	6
I.4 Manfaat Penelitian	7
I.5 Sasaran Penelitian	7
I.6 Keaslian Penelitian	8
II TINJAUAN PUSTAKA	9
2-1 Landasan Teori	9
2.1.1 Pencemaran Lingkungan	9
2.1.2 Pencemaran Udara	9
2.1.3 Dampak dari Pencemaran Udara	10
2.1.4 Sumber Pencemaran Udara	11

2.1.5	Kontribusi Kendaraan Bermotor Bagi Pencemaran Udara	13
2.1.6	Klasifikasi Zat Pencemar Udara	13
2.1.7	Karakteristik Zat Pencemar	14
2.2	Sistem Transportasi	20
2.2.1	Transportasi Jalan Raya	21
2.2.2	Kebijakan Pengembangan Sistem Transportasi	22
2.2.3	Kondisi Transportasi Kota Padang	23
2.2.4	Klasifikasi Jalan	24
2.2.5	Persimpangan	25
	2.2.5.1 Persimpangan Sebidang	26
	2.2.5.2 Karakteristik Perempatan Jalan	28
2.2.6	Antrian	30
2.2.7	Satuan Mobil Penumpang	33
2.2.8	Faktor Emisi dan Total Kuat Emisi	34
2.2.9	Faktor-faktor yang mempengaruhi Penyebaran Polutan	39
2.3	Permodelan Kualitas Udara	45
2.3.1	Model Pencemaran Udara	47
2.4	Emisi Kendaraan	49
2.4.1	Dampak Emisi CO, NOx, Partikulat terhadap Lingkungan	51
2.4.2	Dampak Emisi CO, NOx dan Partikulat terhadap Tumbuh-tumbuhan	51
2.4.3	Dampak Emisi CO,NOx dan Partikulat terhadap Kesehatan	52

2.5	Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)	53
2.6	Penelitian Terdahulu mengenai Pencemaran Udara	55
III	METODE PENELITIAN	59
3.1	Pendekatan Penelitian	59
3.2	Ruang Lingkup Penelitian	61
3.3	Lokasi Penelitian	62
3.4	Variabel Penelitian	64
3.5	Jenis dan Sumber Data	65
3.6	Instrumen Penelitian	66
3.6.1	Pengukuran Karbon Monoksida (CO)	66
3.6.2	Pengukuran Oksida Nitrogen (NOx)	68
3.6.3	Pengukuran Partikulat	70
3.6.4	Perhitungan Kendaraan Lalu Lintas	73
3.7	Teknik Pengambilan Data	77
3.8	Teknik Analisa Data	79
3.9	Hipotesis	84
IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	85
4.1	Hasil Penelitian	85
4.1.1	Rona Lingkungan Daerah Penelitian	85
4.2	Pembahasan	93
4.2.1	Volume Lalu Lintas	93
4.2.2	Polutan yang dihasilkan	97
4.2.3	Perhitungan Nilai Indeks Pencemaran Udara (ISPU)	108
4.2.4	Penentuan Phase dan Siklus Lalu Lintas	116

4.2.4	Penentuan Phase dan Siklus Lalu Lintas	116
4.2.5	Penentuan Jumlah Antrian	117
4.2.6	Volume dan Komposisi Lalu Lintas pada saat Pengamatan	121
4.2.7	Penentuan Total Emisi	123
4.2.8	Model Emisi Udara	125
4.2.9	Model Pencemaran Udara	130
4.2.10	Pengujian dengan menggunakan SPSS	136
V	KESIMPULAN DAN SARAN	139
5.1	Kesimpulan	139
5.2	Saran	141
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
Tabel 1	Defenisi yang digunakan untuk Partikel debu di udara	19
Tabel 2	Baku Mutu Udara Ambien Nasional menurut PP No. 41/1999	20
Tabel 3	Keadaan Panjang Jalan menurut Jenis Permukaan	23
Tabel 4	Pengelompokan Jalan menurut Peranan	24
Tabel 5	Sistem Jaringan Jalan	25
Tabel 6	Jarak Pandang Minimum	27
Tabel 7	Kriteria Tingkat Pelayanan Bersinyal	29
Tabel 8	Nilai Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP) pada Simpang	33
Tabel 9	Perubahan Konsumsi Bahan Bakar untuk beberapa Jenis Kendaraan	34
Tabel 10	Koefisien Emisi untuk Penggunaan Aproksimasi Profil Emisi	37
Tabel 11	Kestabilan Atmosfer (Pasquill – Gifford)	41
Tabel 12	Tingkat Emisi Pencemar Kota Padang	50
Tabel 13	Batas Indeks Standar Pencemar Udara	53
Tabel 14	Kategori dan Penjelasan tentang nilai ISPU	53
Tabel 15	Konsentrasi Hb dalam Darah	57
Tabel 16	Tanda dan Gejala pada berbagai Konsentrasi HbCO	57
Tabel 17	Volume Lalu Lintas pada Kedua Simpang	96
Tabel 18	Perhitungan ISPU parameter CO pada persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	110
Tabel 19	Perhitungan ISPU parameter NOx pada persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	111

Tabel 20	Perhitungan ISPU parameter PM^{10} pada persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	112
Tabel 21	Perhitungan ISPU parameter CO pada persimpangan Jalan Lubuk Begalung	113
Tabel 22	Perhitungan ISPU parameter NO_x pada persimpangan Jalan Lubuk Begalung	114
Tabel 23	Perhitungan ISPU parameter PM^{10} pada persimpangan Jalan Lubuk Begalung	115
Tabel 24	Hubungan Banyak Antrian dengan Konsentrasi di Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	119
Tabel 25	Hubungan Banyak Antrian dengan Konsentrasi di Persimpangan Jalan Lubuk Begalung	120
Tabel 26	Rekapitulasi Kuat Emisi di Persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan	128
Tabel 27	Rekapitulasi Kuat Emisi di Persimpangan jalan Lubuk Begalung	129
Tabel 28	Daftar Parameter yang diduga mempengaruhi Kualitas Udara	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
Gambar 1	Sumber Pencemar dan Keadaan Kualitas Udara	12
Gambar 2	Persimpangan dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas	26
Gambar 3	Profil Emisi	36
Gambar 4	Parameter Dispersi Horizontal	43
Gambar 5	Parameter Dispersi Vertikal	44
Gambar 6	Dampak Paparan CO terhadap Manusia	58
Gambar 7	Bagan Alir Jalannya Penelitian	60
Gambar 8	Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan dan Lubuk Begalung	61
Gambar 9	Peta Lokasi Persimpangan Bagindo Aziz Chan dan Lubuk Begalung	63
Gambar 10	Rangkaian Alat Uji Kadar CO	67
Gambar 11	Rangkaian Alat Uji Kadar NOx	69
Gambar 12	Rangkaian Alat Uji Partikel (HVS)	71
Gambar 13	Alat Pengambilan Sampel Debu (PM10)	73
Gambar 14	Tahapan Langkah Pengerjaan Model	81
Gambar 15	Peta Lokasi Penelitian untuk kedua Persimpangan	87
Gambar 16	Lokasi Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	88
Gambar 17	Suasana Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	88
Gambar 18	Sketsa Lokasi Persimpangan Bagindo Aziz Chan	89
Gambar 19	Lokasi Persimpangan Jalan Lubuk Begalung	91
Gambar 20	Suasana Persimpangan Jalan Lubuk Begalung	91

Gambar 21	Lokasi Pengukuran Titik 2 Persimpangan Jalan Lubuk Begalung	92
Gambar 22	Volume Kendaraan Persimpangan Bagindo Aziz Chan	94
Gambar 23	Volume Kendaraan Persimpangan Lubuk Begalung	95
Gambar 24	Volume Lalu Lintas pada Simpang Bagindo Aziz Chan dan Simpang Lubuk Begalung	96
Gambar 25	Pengukuran Ambien CO pada Persimpangan Bagindo Aziz Chan	97
Gambar 26	Pengukuran Ambien CO pada Persimpangan Lubuk Begalung	98
Gambar 27	Pengukuran Ambien NOx pada Persimpangan Bagindo Aziz Chan	100
Gambar 28	Pengukuran Ambien NOx pada Persimpangan Lubuk Begalung	101
Gambar 29	Pengukuran Ambien PM ¹⁰ pada Persimpangan Bagindo Aziz Chan	102
Gambar 30	Pengukuran Ambien PM ¹⁰ pada Persimpangan Lubuk Begalung	104
Gambar 31	Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi di Persimpangan Bagindo Aziz Chan	105
Gambar 32	Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi di Persimpangan Lubuk Begalung	107
Gambar 33	Hubungan antara Antrian dengan Konsentrasi di Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan	119
Gambar 34	Hubungan antara Antrian dengan Konsentrasi di Persimpangan Jalan Lubuk Begalung	120
Gambar 35	Komponen Emisi yang membentuk Polutan di Persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan	128
Gambar 36	Komponen Emisi yang membentuk Polutan di Persimpangan jalan Lubuk Begalung	130
Gambar 37	Perbandingan Konsentrasi Ukur dan Hitung di Persimpangan Lubuk Begalung	131

Gambar 38	Perbandingan Konsentrasi Ukur dan Hitung di Persimpangan Bagindo Aziz Chan	132
Gambar 39	Fluktuasi Konsentrasi CO Persimpangan Bagindo Aziz Chan	133
Gambar 40	Fluktuasi Konsentrasi CO Persimpangan Lubuk Begalung	133

*Kesuksesan bukan diukur
dengan puncak prestasi yang dicapai seseorang,
tetapi dengan halangan dan rintangan
yang diatasi dalam mencapainya*

*Kupersembahkan buat
Ayahnda dan Puamiku tercinta,
Saudara-saudaraku
kasih sayang yang mengalir
hanya buat mereka yang dengan penuh kesabaran,
keikhlasan serta do'a restu yang terus mendorong
hingga tesis ini selesai*

*Kupersembahkan untuk Ibunda tercinta yang tidak sempat melihat
anakmu berhasil mendapatkan kesempatan yang baik ini.
Masih nanda ingat Ummi pesan Ummi, bahwa pengetahuan dan ilmu
adalah merupakan warisan yang tidak akan menimbulkan sengketa didalam kehidupan.
Nasihatmu, tarwamu dan candamu masih hangat dan selalu menemani kebahagiaan Nanda saat ini
Bundaku, semoga Ummi mendapatkan tempat yang layak disisiNya, Amin*

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Yunita Dwi Rima, lahir di Pariaman, Propinsi Sumatera Barat pada tanggal 6 Juni 1964, dari ayah bernama Joesri Mohd. Oemar dan ibu bernama Farida. Merupakan anak ke 2 (dua) dari 8 (delapan) bersaudara.

Menamatkan Sekolah Dasar Negeri 23 Padang pada tahun 1977. Melanjutkan studi di Sekolah Menengah Pertama Yossudarso Padang dan lulus tahun 1980. Kemudian menyelesaikan studi di Sekolah Menengah Atas Don Bosco Padang jurusan IPA dan lulus tahun 1983. Masuk Universitas Bung Hatta Padang, Fakultas Teknik Jurusan Sipil, lulus dan berijazah pada tahun 1991.

Mulai bekerja pada Dinas Prasarana Jalan Propinsi Sumatera Barat dari tahun 1990 sebagai pegawai harian dan diangkat sebagai Pegawai Negeri Sipil pada tahun 1993 dengan pangkat Penata Muda golongan III/a. Dari tahun 1994 sampai dengan 2001 sebagai Asisten Teknik pada proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Sumatera Barat. Tahun 2001 dipercaya memangku jabatan sebagai Kepala Seksi Program dan Anggaran pada Subdin Bina Program Dinas Prasarana Jalan Propinsi Sumatera Barat, serta pada tahun anggaran 2002 dipercaya sebagai Pemimpin Proyek Perencanaan dan Pengawasan Teknik Jalan, karena dapat beasiswa untuk kesempatan tugas belajar dari RSSP-ADB yang berangkat bulan Nopember 2002, maka kedua jabatan tersebut saya lepaskan.

Kursus yang pernah diikuti : Untuk Kursus Penjenjangan telah mengikuti ADUMLA pada tahun 1998.

STUDY OF AIR QUALITY IN ROAD INTERSECTION RELATE TO MOTOR VEHICLE QUEUE IN PADANG CITY

Yunita Dwi Rima*

Abstract

Padang city as a district city of West Sumatera Province also functions as place of all urban activities. One of impacts of this condition is increasing of vehicle density at some access road to Padang city. This view also can be seen at every intersection. This research is carried out to analyzing how far the transportation contribution in those access roads on air pollution impact such as increasing on the ambient air especially to carbonmonoxide (CO), Nitrogen Oxide (NOx) and Particulate Matter concentration.

The research method is Gaussian model which describe the relationship between some factors such as meteorological condition, traffic volume, and CO, NOx and Particulate Mater content in ambient air. The locations of this research were conducted in 2 (two) intersection at Padang city, those are intersection of Bagindo Aziz Chan and intersection of Lubuk Begalung. The primary data measured taken on March 2004.

The result shows that model of the vehicle queue on the intersection road has correlation with the accumulation of carbon monoxide polutant, nitrogen oxide and PM¹⁰ on the both study area with the correlation mark is about 0.7043 – 0.7776. The changing phase of traffic light really influences the amount of the vehicle queue and decrease of air quality. Based on the research result either validation by using the gaussian model or by using statistic methode, on the intersection show that the result is can explain the strong of correlation between the increase of emission vehicle of queue effect in intersection with the increasing of polutant in ambient air.

Therefor, Gaussian model can be applicated for moving emission sources (transportation) at intersection, particularly is Padang city.

Key Word : Carbon Monoxide, Nitrogen Oxide, and PM10, Air Quality, Queue, and Road Intersection

* Dinas Prasarana Jalan Propinsi Sumatera Barat, Jl Batang Arau No. 86 Padang, Telp 0751-21108

STUDI KUALITAS UDARA DI PERSIMPANGAN JALAN BERKAITAN DENGAN ANTRIAN KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA PADANG

Yunita Dwi Rima*

Abstrak

Kota Padang sebagai pusat Pemerintahan Propinsi Sumatera Barat juga berfungsi sebagai tempat semua aktifitas perkotaan. Salah satu dampak dari hal ini adalah meningkatnya volume kendaraan pada jam-jam tertentu di ruas-ruas jalan kota Padang. Pemandangan ini tampak pula di setiap persimpangan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kejadian antrian kendaraan bermotor di persimpangan terhadap kandungan zat pencemar di udara ambien terutama karbonmonoksida, Nitrogen Oksida dan Partikulat (PM^{10}).

Metode penelitian adalah mempergunakan model Gaussian yaitu dengan menggambarkan keterkaitan antara faktor kepadatan lalu lintas khususnya di persimpangan, kondisi meteorologis serta kandungan CO, NOx dan PM^{10} . Lokasi penelitian dilakukan di dua persimpangan akses ke kota Padang yaitu persimpangan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan Lubuk Begalung. Pada persimpangan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan Lubuk Begalung pengukuran data primer dilakukan pada bulan Maret 2004.

Hasil penelitian menunjukan bahwa pola kejadian antrian kendaraan dipersimpangan jalan berkaitan erat dengan besarnya akumulasi polutan karbon monoksida, oksida nitrogen dan PM^{10} di wilayah studi dengan nilai korelasi antara 0.7043 – 0.7776. Phase pergantian lampu lalu lintas sangat mempengaruhi jumlah kendaraan yang antri dan keterkaitan juga dengan penurunan kualitas udara. Berdasarkan hasil pengujian baik dengan validasi menggunakan model Gaussian maupun pengujian dengan metode statistik, di dua persimpangan jalan menunjukkan bahwa hasil yang dicapai cukup baik dan dapat menjelaskan besarnya kaitan antara pertambahan kendaraan bermotor yang antri di persimpangan dengan pertambahan polutan di udara ambien.

Sehingga model Gaussian dapat diterapkan pada sumber emisi bergerak (transportasi) untuk daerah persimpangan khususnya di kota Padang.

Kata Kunci : *Karbon Monoksida, Oksida Nitrogen dan PM^{10} , Kualitas Udara, Antrian, Persimpangan Jalan*

* Dinas Prasarana Jalan Propinsi Sumatera Barat, Jl Batang Arau No. 86 Padang, Telp 0751-21108

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Problem transportasi beserta dampak ikutannya terjadi di sejumlah kota di dunia meskipun dalam tingkatan yang berbeda dan diperkirakan akan menjadi masalah yang akut khususnya di negara berkembang, di mana populasi kota tumbuh dengan cepat dan kebutuhan terhadap kendaraan bermotor juga meningkat dengan tajam (World Bank, 1997 dalam Isnaeni, 2001).

Sektor transportasi telah dikenal sebagai salah satu sektor indikatif yang sangat berperan dalam pembangunan ekonomi yang menyeluruh. Namun demikian, sektor transportasi ini dikenal pula sebagai salah satu sektor yang dapat memberikan dampak terhadap lingkungan dalam cakupan spasial dan temporal yang besar.

Pertumbuhan jumlah kepemilikan kendaraan yang tinggi di Indonesia memberikan masalah tambahan terhadap pengelolaan lalu lintas dan lingkungan. Kemacetan yang timbul akibat tingginya volume lalu lintas jalan raya, selain mengakibatkan terjadinya peningkatan waktu tempuh perjalanan (*travel-time*) untuk suatu rute tertentu, juga menyumbangkan konsentrasi polutan yang tinggi bagi lingkungan khususnya udara.

Tuntutan masyarakat akan lingkungan yang bersih dan sehat mendorong untuk tetap adanya upaya perlindungan terhadap lingkungan dari pencemaran yang berasal dari kegiatan transportasi. Akibat peningkatan dari jumlah penduduk dan penambahan kendaraan khususnya di wilayah perkotaan akan mengakibatkan timbulnya pencemaran udara yang akan merupakan gangguan pada masyarakat penerima dampak.

Kegiatan transportasi merupakan salah satu sumber pencemar terbesar yang menyumbangkan polutan dan diperlukan adanya analisa tentang kualitas udara. Penentuan kualitas udara dengan menganalisa banyak parameter akan terdapat kendala, sehingga diperlukan pemilihan indikator yang perlu dan tepat untuk pencemaran udara. Carbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NOx) dan Partikulat sebagai alternatif indikator yang diusulkan dan dapat memenuhi persyaratan ; a) mempunyai hubungan spesifik dengan sumber transportasi, b) dapat ditentukan secara kuantitatif.

Perkembangan ilmu dan teknologi dalam rangka mewujudkan pemenuhan kebutuhan manusia telah banyak didirikan industri-industri yang pada akhirnya banyak menyumbangkan kontaminan-kontaminan yang dilepaskan keruang bebas dalam atmosfer. Diantara kontaminan-kontaminan yang dilepas itu yang telah memenuhi persyaratan seperti kuantitas, lama berlangsung dan potensialnya, maka kontaminan itu dapat disebut sebagai polutan/pencemar.

Dengan demikian maka penumpukan atau akumulasi gas buang oleh sumber pencemar pada daerah tersebut akan meningkatkan konsentrasi pencemaran udara dan berdampak pada penurunan kualitas udara secara umum. Demikian pula, lokasi penerima konsentrasi pencemaran udara yang sudah dan cenderung akan melewati ambang batas yang ditetapkan, akan berdampak pula terhadap kesehatan masyarakat maupun makhluk hidup lainnya.

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan berdirinya pusat-pusat industri disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor, mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan, yang merupakan salah satu sumber pencemaran udara (Soedomo, 1982; 3).

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat pergerakan kendaraan bermotor di darat atau jalan raya. Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara yaitu dengan dihasilkannya gas CO, NO_x, HC, SO₂ dan *tetraethyl lead*, yang merupakan bahan logam timah ditambahkan kedalam bensin berkualitas rendah. Parameter-parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, Partikulat, NO_x, Pb dan SO_x (Soedomo, 1982; 4).

Keberadaan Kota padat penduduk seperti kota Padang, akan menimbulkan pergerakan pembangunan yang pesat, yang dampaknya akan mengurangi lahan terbuka hijau dan pembukaan lahan melalui pembabatan ladang pertanian di sekitarnya. Sehingga tutupan hujan berkurang dan proses fotosintesa yang menghasilkan oksigen akan berkurang, akibat lainnya akan menyebabkan suhu udara meningkat.

Adanya polutan yang mencemari udara lingkungan dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan hidup baik skala lokal, regional maupun global yang selain berlangsung berdampak negatif terhadap manusia, juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kelestarian alam.

Atmosfer bumi merupakan campuran dari berbagai macam gas yang disebut *udara bersih* kering (tanpa uap air) yang umumnya terdiri dari : 78,0% Nitrogen (N₂); 21,0% Oksigen (O₂); 0,93% Argon (Ar); 0,03% Karbon dioksida (CO₂); 0,001% Ozon (O₃) serta sejumlah gas lain dalam jumlah yang sangat kecil seperti Helium, Neon, Krypton, Hidrogen, Xenon dan lain-lain. Semua senyawa kimia yang dimasukkan ke atmosfer udara bersih tersebut disebut *kontaminan*, dan apabila kontaminan tersebut kadarnya cukup tinggi sehingga dapat mengakibatkan efek negatif bagi penerimanya (reseptor), barulah disebut cemaran (polutan), dan dikatakan *pencemaran udara ambient*.

Gas-gas ini menyebabkan kerusakan saluran pernapasan, terutama pada anak-anak. Oksida Nitrogen setelah bereaksi di atmosfer juga berubah membentuk partikel-partikel nitrat amat halus yang menembus bagian terdalam paru-paru. Partikel-partikel nitrat ini pula, jika bergabung dengan air baik air di paru-paru atau uap air di awan akan membentuk asam. Akhirnya zat-zat oksida ini bereaksi dengan asap bensin yang tidak terbakar dan zat-zat hidrokarbon lain di sinar matahari dan membentuk ozon rendah atau "smog" kabut berwarna coklat kemerahan yang menyelimuti sebagian besar kota di dunia.

Hasil penelitian Bapedal (1992) di beberapa kota besar seperti Jakarta, Bandung, Semarang dan Surabaya menunjukkan sektor kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di kota-kota tersebut. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sektor kendaraan bermotor memberikan kontribusi pencemaran CO sebesar 98,8%; NO_x sebesar 73,4% dan Hidrokarbon (HC) sebesar 88,9%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa saat ini sektor transportasi kendaraan bermotor menjadi penyumbang terbesar bagi tingginya pencemaran udara baik lokal maupun regional, yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas udara ambien kota-kota besar tersebut.

Hasil penelitian Tri Tugaswati (1987) terhadap kandungan timbal dalam darah menunjukkan bahwa kandungan timbal (Pb) dalam darah sebesar 9,0 $\mu\text{g/dL}$. Sedangkan hasil penelitian Achmadi (1991) menunjukkan bahwa kandungan timbal (Pb) dalam darah pengemudi angkutan umum (bemo) sebesar 7,0 $\mu\text{g/dL}$, pedagang asongan sebesar 9,3 $\mu\text{g/dL}$, penghuni rumah-rumah kumuh sebesar 29,0 $\mu\text{g/dL}$, sedangkan kelompok kontrol yang terdiri dari penduduk pedesaan memiliki kandungan timbal dalam darahnya sebesar 6,5 $\mu\text{g/dL}$.

Jumlah titik kemacetan yang semakin bertambah dan antrian kendaraan di lampu lalu lintas akan menimbulkan bahaya lain bagi kesehatan pemakai jalan. Pasalnya, kondisi terburuk emisi gas buangan kendaraan adalah bukan pada saat mesin hidup dan berjalan, namun pada saat kendaraan bermotor hidup dan dalam keadaan kendaraan berhenti. Kadar emisi gas buangan pada saat berhenti dapat mencapai dua kali lipat dibandingkan emisi gas buangan pada saat kendaraan berjalan normal. Secara berurutan, emisi gas buangan pada titik tertinggi dalam kondisi berhenti akan menurun hingga kecepatan 20 Km/jam, selanjutnya akan naik lagi setelah melewati batas kecepatan 40 Km/jam.

Peningkatan pemakaian kendaraan bermotor akan memacu pemakaian bahan bakar dan berakibat peningkatan emisi gas buang. Sejalan dengan transportasi di Indonesia yang diproyeksikan sekitar 6% - 8% pertahun, maka penggunaan bahan bakar di Indonesia diproyeksikan bertambah sebesar 2,1 kali konsumsi tahun 1990 pada tahun 1998, sebesar 4,6 kali, dan pada tahun 2008, serta 9 kali pada tahun 2018.

Apabila tidak dilakukan langkah-langkah yang khusus untuk mengendalikannya, emisi akan bertambah dengan cepat sehingga pada tahun 2020, diperkirakan partikulat menjadi 8 kali konsentrasi tahun 1990, timbal menjadi 9 kali konsentrasi tahun 1990, serta NO menjadi 14 kali konsentrasi pada tahun 1990.

Sumbangan emisi gas buang sektor transportasi atau objek bergerak melebihi 55% dari total emisi gas buang seluruh sektor. Ada enam komponen utama polusi udara yang disebabkan oleh kendaraan bermotor, yaitu karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), nitrogen oksida (NOx), partikel dan timah hitam (Pb).

Mengurangi sumber polusi hingga mencapai titik optimum untuk suatu bagian dari jaringan jalan tentu saja membutuhkan perhitungan yang tidak sederhana. Parameter-

parameter meteorologis, kondisi tata ruang dan lalu lintas setempat perlu mendapatkan perhatian dalam pemecahan masalah pencemaran udara.

Melihat gambaran diatas, maka pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor memiliki peranan penting terhadap gangguan kesehatan manusia. Kontribusi emisi kendaraan bermotor dipengaruhi oleh jumlah dan jenis kendaraan bermotor, masa retensi, tingkat kerapatan serta jenis bahan bakar yang digunakan.

Selain itu ada faktor lain yang dapat menambah besarnya jumlah polutan diudara, yaitu perlakuan saat mesin dalam keadaan 'hidup' (mode operasi : *stationer/idle*, berjalan *cruiser* ataupun laju/*aselarasi/deselarasi*), dan faktor kemacetan jalan. Pembahasan ini akan ditekankan pada bagaimana parameter antrian kendaraan dapat mempengaruhi jumlah polutan yang diemisikan kendaraan. Antrian kendaraan di persimpangan jalan yang disebabkan pengaturan lampu lalu lintas jalan dalam hal ini dapat digolongkan ke dalam parameter kemacetan tadi.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka permasalahan yang akan timbul antara lain adalah :

1. Antrian kendaraan bermotor di persimpangan terlalu lama dapat menurunkan kualitas udara lingkungan.
2. Lamanya sinyal lampu merah dapat mengakibatkan besarnya emisi kendaraan bermotor yang terjadi dipersimpangan.

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan seperti tersebut diatas, maka dalam penelitian ini mempunyai tujuan :

1. Menganalisis pengaruh kejadian antrian kendaraan bermotor dengan penambahan konsentrasi zat pencemar udara di persimpangan.
2. Menganalisis seberapa besar hubungan yang ditimbulkan berkaitan dengan penambahan jumlah kendaraan bermotor yang antri dengan perubahan kualitas udara di persimpangan.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi secara ilmiah atau sumbangan pemikiran menyangkut kondisi yang ada untuk dijadikan dasar dalam memberikan masukan bagi pemerintah daerah Kota Padang dalam menyusun perencanaan pembangunan daerah serta dalam menangani lingkungan dengan memperhatikan manajemen lalu lintas dalam rangka mencapai sasaran transportasi kota yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

I.5 Sasaran Penelitian

Sasaran yang akan dicapai adalah sebagai bahan masukan bagi pemerintah daerah kota Padang terutama bagi instansi pengelola jalan dalam merencanakan, mengoperasionalkan serta penetapan kebijakan sehubungan dengan transportasi dan dalam menangani lingkungan kota Padang sesuai dengan kondisi dan memperhatikan manajemen lalu lintas.

1.6 Keaslian Penelitian

R. Kartika Lestari (2000), dalam penelitiannya mencoba membuat model simulasi dengan model mikro dengan metoda numerik beda hingga berdasarkan persamaan difusi untuk menentukan sebaran konsentrasi polutan dibeberapa ruas jalan di Jakarta.

Budi Heri Pirngadie (2001), dalam penelitiannya strategi penanggulangan pencemaran udara dari sektor Transportasi dengan salah satu rumusannya menerapkan *Five C strategies*.

Budi Hartanto (2000), dalam penelitiannya mengkaji besarnya waktu tunda dari persimpangan yang ada di Kota Bandung antara lain : Simpang Pasir Koja, Simpang Kopo, Simpang Moh. Toha dan Simpang Buah Batu.

Dampak pencemaran udara yang diakibatkan kemacetan lalu lintas telah banyak dilakukan peneliti sebagai salah satu indikator kerusakan lingkungan, semakin banyak pula permasalahan yang muncul dari hari kehari yang telah menjadi masalah yang kompleks. Peneliti-peneliti terdahulu banyak mengangkat permasalahan banyaknya kendaraan yang berada pada ruas jalan, tetapi penulis disini mencoba membahas hubungan serta pengaruh yang berkaitan dengan antrian kendaraan bermotor di persimpangan jalan yang bersinyal dengan perubahan kualitas udara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1 Pencemaran Lingkungan

Menurut Undang-Undang No. 23 tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup menyatakan bahwa yang disebut pencemaran lingkungan hidup adalah *masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.*

2.1.2 Pencemaran Udara

1. Defenisi

Menurut Henry C. Perkins, 1974, dalam buku *Air Polution*, pencemaran udara dinyatakan sebagai berikut : *pencemaran udara berarti hadirnya satu atau beberapa kontaminan di dalam udara atmosfer diluar, seperti antara lain oleh debu, busa, gas, kabut, bau-bauan, asap atau uap dalam kuantitas yang banyak dengan berbagai sifat maupun lama berlangsungnya di udara tersebut, hingga dapat menimbulkan gangguan-gangguan terhadap kehidupan manusia, tumbuh-tumbuhan atau hewan maupun benda, atau tanpa alasan jelas sudah dapat mempengaruhi kelestarian kehidupan organisme maupun benda.*

Sedang berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999, tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksudkan dengan pencemaran udara adalah *Masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambient tidak dapat memenuhi fungsinya.*

Menurut Slamet Ryadi (1982:12): memberikan definisi pencemaran udara sebagai berikut :

Pencemaran udara adalah keadaan dimana kedalam udara atmosfer oleh suatu sumber baik melalui aktivitas manusia maupun secara alamiah dibebaskan satu atau beberapa bahan atau zat-zat dalam kuantitas maupun batas waktu tertentu secara karakteristik dapat atau memiliki kecendrungan untuk menimbulkan ketimpangan susunan udara atmosfer secara ekologis sehingga mampu menimbulkan gangguan-gangguan bagi kehidupan satu maupun kelompok organisme maupun benda-benda (Ryadi, 1982:12,13).

Sementara udara ambient adalah : *udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.*

2.1.3 Dampak dari Pencemaran Udara

Pencemaran udara tidak mengenal batas-batas politik atau geografis. Misalnya perjalanan jauh partikel-partikel yang berasal dari kebakaran hutan Indonesia telah membawa dampak terhadap kualitas udara di negara-negara tetangga terdekat dan

bahkan mencapai tempat yang lebih jauh lagi. Kegiatan manusia menimbulkan dampak sama dengan yang disebabkan oleh proses alami, dan bahkan mereka mampu mempengaruhi sistem penopang kehidupan global. Pencemaran yang disebabkan oleh belerang dan nitrogen, bukan lagi sebagai masalah perkotaan saja.

Yang paling serius dari kesemuanya ini adalah akumulasi dari gas-gas rumah kaca, yang diramalkan akan menyebabkan perubahan iklim global. Lapisan ozon yang menipis pada stratosfer mengancam kehidupan di muka bumi. Sebagai akibatnya, maka beberapa negara setuju untuk menghentikan produksi dan konsumsi zat penyebab menipisnya lapisan ozon yaitu chloro-flourokarbon (CFC).

Kegiatan perkotaan seperti sektor-sektor perumahan penduduk, pengangkutan, perdagangan, industri, pengelolaan limbah padat dan kegiatan lainnya yang terkait memiliki potensi untuk mengubah kualitas udara perkotaan.

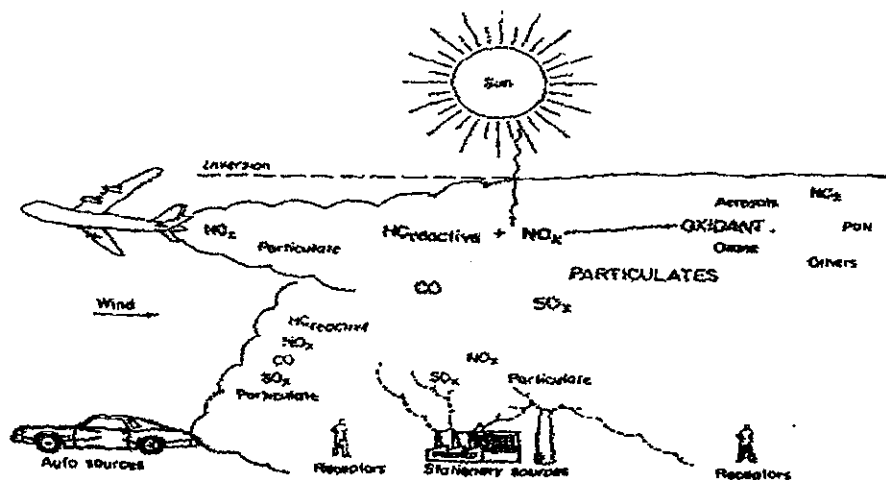
Perubahan kualitas udara akan berpengaruh pada kesehatan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan serta benda-benda lainnya. Nevers, 1995 menyatakan bahwa dampak dari pencemaran udara meliputi : gangguan bagi barang-barang property seperti pelapukan atau korosi, gangguan kesehatan akibat paparan singkat dengan konsentrasi polutan yang tinggi, atau paparan jangka panjang dengan konsentrasi polutan rendah, serta gangguan pada penglihatan (*visibility*).

2.1.4 Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara dapat digolongkan menjadi sumber area, sumber titik dan sumber garis. Sistem pencemaran udara berdasarkan sumbernya juga dikelompokkan menjadi antropogenik (pencemar primer yang berasal dari kegiatan

manusia) dan pencemar sekunder. Berdasarkan jenis kegiatannya, sumber pencemaran udara dikelompokkan menjadi :

1. Sumber transportasi yang meliputi kendaraan bermotor jalan raya, pada penggunaan bahan bakar, pesawat udara, kereta api, kapal laut. Seperti ilustrasi berikut :



Gambar 2.1 : Sumber Pencemar dan Keadaan Kualitas Udara

Sumber : Rau J.G dan Wooten, *Environmental Impact Analysis*, (1980:3-3)

2. Penanganan minyak dan kehilangan akibat penguapan
3. Sumber tetap pada pembakaran bahan bakar yang meliputi pemakaian bahan bakar di rumah tangga, industri, komersial, kelembagaan, PLTU dan PLTD
4. Emisi dan kebocoran proses industri yang meliputi industri-industri proses kimia, makanan, pertanian, metalurgi, produk mineral dan penyulingan minyak
5. Pembuangan limbah padat yang meliputi insenerator kota serta pembakaran terbuka.

Dari kesemuanya itu yang memberikan sumbangan penting pada pencemaran udara di kota-kota besar adalah sektor transportasi terutama kendaraan bermotor.

2.1.5 Kontribusi Kendaraan Bermotor Bagi Pencemaran Udara

Faktor penting yang menyebabkan dominasinya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain meliputi :

- Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat
- Tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada
- Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat akibat terpusatnya kegiatan perekonomian dan perkantoran.
- Kesamaan waktu aliran lalu lintas

Sektor transportasi mempunyai ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi, dan kita ketahui bahwa sumber energi inilah yang terutama menimbulkan dampak terhadap lingkungan.

2.1.6 Klasifikasi Zat Pencemar Udara

Pencemar udara di sekitar kita dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kelompok berdasar asal mulanya dan kelanjutan perkembangannya diudara yaitu : Sumber pencemar *primer* dan sumber pencemar *sekunder*.

1. Pencemar *primer* adalah semua pencemar yang berada di udara yang dalam bentuk hampir tidak berubah, sama seperti saat ia dibebaskan dari sumbernya semula sebagai hasil dari suatu proses tertentu. Pencemar primer pada umumnya berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, seperti dari industri maupun emisi kendaraan bermotor seperti CO, SO₂, NO_x, H₂S, NH₃, bertindak sebagai *prekursor* untuk terbentuknya zat pencemar sekunder

2. Pencemar *sekunder* adalah semua pencemar di udara yang sudah berubah karena hasil reaksi tertentu antara dua atau lebih kontaminan/polutan primer dengan kontaminan/polutan lain yang ada dalam udara.

Reaksi-reaksi yang dimaksudkan dalam timbulnya pencemar sekunder antara lain adalah reaksi foto kimia dan reaksi oksida katalitis (Ryadi, 1982;18-19).

Pencemar sekunder yang terjadi melalui reaksi foto kimia seperti pembentukan ozon, terjadi antara zat-zat hidrokarbon yang ada di udara dengan NO_x melalui pengaruh sinar ultraviolet yang ada pada sinar matahari. Sedangkan pencemar sekunder yang terjadi melalui reaksi-reaksi oksidasi katalis diwakili oleh pencemar-pencemar yang berupa oksida-oksida gas, yang terjadi di udara karena adanya partikel-partikel logam di udara sebagai katalisator (Ryadi, 1982;20).

Sedangkan menurut Rau J. G. dan Wooten D.C. (1980:3-2) sumber dari pencemar udara dibagi dalam 2 (dua) kategori yaitu, sumber bergerak dan sumber tetap (diam).

2.1.7 Karakteristik Zat Pencemar

Berdasarkan karakteristik fisiknya, zat pencemar di udara dapat dibedakan atas partikulat (aerosol) dan zat pencemar bentuk gas. Baik zat pencemar dalam bentuk gas atau partikulat dapat tersusun dari senyawa anorganik atau organik.

Perkembangan ilmu dan teknologi dalam rangka mewujudkan pemenuhan kebutuhan dari manusia telah banyak didirikan industri-industri yang pada akhirnya banyak menyumbangkan kontaminan-kontaminan yang dilepaskan ke ruang bebas dalam atmosfer.

Bagian terbesar oksida-oksida nitrogen terbentuk didaerah perkotaan yang paling utama dari senyawa ini adalah NO (*Nitrit Oxide*) juga diemisikan dalam jumlah yang cukup besar keatmosfer. NOx biasanya digunakan sebagai satuan komposit oksida-oksida nitrogen di lingkungan. NOx diemisikan dari pembuangan pembakaran (kombusi) pada temperatur tinggi, sebagai hasil dari reaksi Nitrogen dengan Oksigen. Dengan adanya hidrokarbon, pada siang hari akibat adanya radiasi fotonultra violet, senyawa ini akan membentuk ozon fotokimia (*photochemical smog*) (Soedomo, 2001; 145-146).

Pencemar-pencemar udara yang ada di atmosfer antara lain adalah :

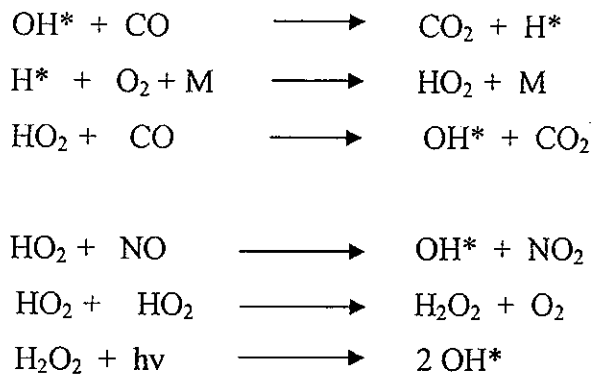
1. Carbon Monoksida (CO).

Carbon monoksida merupakan pencemar udara yang paling besar dan umum dijumpai. Sebagian besar CO terbentuk akibat proses pembakaran bahan-bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar, secara tidak sempurna, misalnya dari pembakaran bahan bakar minyak, pemanas, proses-proses industri dan pembakaran sampah (Soedomo, 1982 ;147).

Karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berbau, tidak berasa dan juga tidak berwarna. Oleh karena itu lingkungan yang tercemar oleh gas CO tidak dapat dilihat oleh mata. Didaerah perkotaan dengan lalu lintas yang padat konsentrasi gas CO berkisar antara 10 – 15 ppm (Wardhana, 2001;115).

Pemaparan CO ke atmosfer sebagai akibat aktivitas manusia nampak lebih nyata, misalnya dari sektor transportasi, pembakaran minyak, gas, arang atau kayu, proses-proses industri seperti industri besi, petroleum, kertas dan kayu, pembuangan limbah padat, dan sumber lain termasuk kebakaran hutan (Kristanto, 2002; 101).

Komponen yang dapat mengubah/mengoksidasi CO menjadi CO₂ di dalam atmosfer adalah OH dan H₂O radikal, atom oksigen dan ozon. Telah diketahui bahwa CO di dalam atmosfer dihilangkan dengan mereaksikannya dengan radikal hidroksil (OH) dan hisdroperoksil (HO₂) dengan reaksi sebagai berikut :



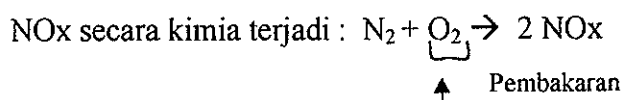
Reaksi diatas akan terus berlangsung secara berantai selama terdapat cukup energi. Jadi CO juga secara tidak langsung memiliki kontribusi dalam pertambahan konsentrasi oksidan fotokimia suatu wilayah dan peningkatan pemanasan global oleh efek rumah kaca (Leggett, 1990).

Transportasi menghasilkan CO yang paling banyak di antara sumber-sumber CO lainnya, terutama dari kendaraan bermotor yang menggunakan bensin sebagai bahan bakarnya.

2. *Oksida-oksida Nitrogen (NO_x).*

Sebagai pencemar ia berbeda dalam bentuk NO₂ dan NO. Oksida-oksida Nitrogen masih juga didapatkan dalam senyawa-senyawa lain dengan Rumus Umum NO_x. Oksida-oksida Nitrogen yang terjadi ketika panas pembakaran memicu suatu reaksi kimia yang menyebabkan bersatunya oksigen dan nitrogen yang terdapat di

udara dan membentuk berbagai polutan coklat kemerahan yang dapat memberikan berbagai ancaman bahaya. Walaupun beberapa jenis Oksida Nitrogen ini ditimbulkan oleh nitrogen di dalam bahan bakar itu sendiri, namun sebagian besar bersifat "termal".



Polutan udara merupakan zat kontaminan baik gas, droplet, cairan atau partikel padat yang berada di udara dengan konsentrasi dalam jumlah yang cukup besar, sehingga dapat menimbulkan kerugian bagi kesehatan atau kesejahteraan manusia. Polutan dapat dibagi menurut jenis sumbernya :

- Sumber bergerak (*mobile*) dan diam (*stationer*)
- Sumber pembakaran (*combustion*) dan non-pembakaran (*non-combustion*)
- Sumber titik, garis dan area

Dua pertiga atau lebih dari seluruh pencemaran udara merupakan efek langsung dari pembakaran beberapa jenis bahan bakar. Secara kimiawi, produk pembakaran merupakan bentuk teroksidasi dari atom yang berada di dalam molekul bahan bakar atau udara, seperti :

- Karbon monoksida (CO) yang berasal dari karbon dalam bahan bakar
- Nitrogen Oksida (NO_x) yang berasal dari sulfur dalam bahan bakar
- Karbon dioksida (CO₂) berasal dari karbon dalam bahan bakar

Oksida nitrogen seperti NO dan NO₂, merupakan polutan udara yang penting karena merugikan kesehatan manusia dan memegang peranan penting sebagai prekursor polutan berbahaya lainnya, seperti pembentukan smog fotokimiawi.

Aktivitas antropogenik sangat bertanggung jawab terhadap meningkatnya kadar NO_x di dalam udara lingkungan. Beberapa sumber stationer, seperti pusat pembangkit listrik dan pabrik bahan kimia mencurahkan sejumlah besar NO_x ke udara. Untuk mengantisipasi peningkatan yang cepat kadar NO_x , perlu dikembangkan teknologi alternatif dalam mengurangi kadar NO_x , sehingga kegiatan antropogenik melepas NO_x ke udara dalam kadar yang tidak berbahaya.

3. *Partikulat*

Menurut Cooper dan Alley, 1994, yang dimaksud partikulat atau SPM adalah padatan atau zat cair dengan diameter sangat kecil yang tersuspensi dalam aliran gas dan terbang ke atmosfer.

Partikulat dalam pencemaran udara digunakan untuk menyatakan keberadaan partikel debu dalam bentuk solid atau liquid dengan diameter antara $>0,0002 \mu$ (lebih besar dari diameter molekul) dan lebih kecil dari 500μ yang terdispersi di udara ambien atau dalam aliran gas pada kondisi standar.

Produk non-pembakaran dapat juga berasal dari pembakaran bahan bakar yang tercampur dan menghasilkan produk yang dikenal dengan partikulat (particulate matter). Bentuknya dapat berupa padatan kecil atau droplet cairan ($100 - 0,01 \mu \text{ m}$) seperti jelaga, abu, debu mineral, fibers, fungus (asam, logam termasuk *Pb*) dan sebagainya.

Sifat dan perilaku partikulat di atmosfer selalu berhubungan erat dengan ukuran diameter partikel, seperti waktu tinggal partikulat di atmosfer sangat tergantung pada ukuran diameter dan berat jenis. Pada umumnya waktu tinggal

partikulat di atmosfer dapat berkisar antara orde detik sampai bulan. Semakin kecil diameter partikulat semakin lama waktu tinggal di atmosfer.

Sebagian benda partikulat yang keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah partikel-partikel halus yang diduga mengandung bahan-bahan karsinogen, butiran-butiran yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru dan terakumulasi. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen, dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat-zat nitrat dan sulfat. Dibeberapa kota, sampai separuh jumlah benda partikulat yang disebabkan oleh manusia terbentuk dari perubahan sulfur dioksida menjadi partikel sulfat di atmosfer.

Tabel 2.1 Defenisi-defenisi yang digunakan untuk partikel debu di udara

No.	Istilah	Defenisi
1	Partikulat	Berbagai material dalam bentuk solid atau liquid di udara pada ukuran lebih besar dari molekul dan lebih kecil dari 500 μ
2	Aerosol	Dispersi partikel dalam bentuk solid atau liquid dengan ukuran mikroskopis
3	Dust (Debu)	Partikel bentuk solid dengan diameter lebih besar dari ukuran koloid
4	Fly Ash (Abu terbang)	Partikel halus dari abu pembakaran, yang mungkin mengandung sisa bahan bakar tidak terbakar
5	Fog (Kabut)	Aerosol yang terlihat
6	Fume (uap)	Partikel yang terbentuk dari hasil kondensasi, sublimasi dan reaksi kimia, dengan ukuran lebih kecil dari 1 μ
7	Mist (Kabut)	Dispersi tetesan air dengan ukuran diameter 0,001– 10 μ
8	Partikel	Dispersi bentuk solid atau liquid
9	Smoke (Asap)	Partikel halus yang berasal dari proses pembakaran
10	Soot (Jelaga)	Partikel-partikel karbon

Dalam Baku Mutu Udara Ambient Nasional untuk parameter CO, NO_x dan Partikulat yang sesuai dengan PP No. 41 tahun 1999, tentang Baku Mutu Ambient Nasional adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien Nasional menurut PP No. 41/1999

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$	Metode Analisis	Peralatan
CO (Karbon Monoksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	30.000 10.000	NDIR	NDIR Analyzer
Nitrogen Oksida	1 jam 24 jam 1 tahun	400 150 100	Saltzman	Spektrofotometer
PM ₁₀ (Partikel < 10 μm)	24 jam	150	Gravimetric	Hi-vol

2.2 Sistem Transportasi

Sistem transportasi menuju keterpaduan antar berbagai moda transport yang meliputi transportasi jalan raya, transportasi sungai, transportasi laut dan transportasi udara, yang bersinergi dengan jaringan jalan menjadi pembentuk struktur ruang Kota Padang.

Sistem jaringan transportasi di Kotamadia Padang menunjukkan kelengkapan seluruh prasarana transportasi, baik darat, udara ataupun laut. Untuk prasarana transportasi udara terdapat bandara Tabing, sedang untuk transportasi laut ada Pelabuhan Laut Teluk Bayur yang terletak disebelah Selatan.

Prasarana darat sebagai prasarana integrasi antar prasarana transportasi lainnya telah didukung oleh jaringan jalan raya yang relatif padat dan pada umumnya berada dalam kondisi baik. Sarana penunjang (Angkutan Umum dalam Kota) juga telah diupayakan untuk memenuhi kebutuhan interkoneksi antar prasarana.

Sistem transportasi diwilayah kota Padang didominasi oleh transportasi jalan raya. Jaringan jalan yang ada hanya 74,89% beraspal, dan 26,37% berstatus jalan lokal.

Hasil analisis menunjukkan panjang jalan yang ada belum mampu memenuhi kebutuhan pergerakan penduduk.

Secara umum perkembangan kendaraan cenderung meningkat pertahunnya, rata-rata pertahun mengalami peningkatan sebesar 7,37%. Peningkatan tersebut tidak terlepas dari ketersediaan sarana dan prasarana transportasi yang memadai untuk menampung segala kegiatan penduduk.

2.2.1 Transportasi Jalan Raya

Jaringan jalan di kota Padang di desain berbentuk melingkar (ring) yang dihubungkan dengan beberapa jari-jari (radial) yang kemudian menuju pusat kota.

Pola jaringan jalan Kotamadia Padang mendekati pola radial setengah lingkaran dilengkapi dengan jalan lingkar. Jaringan jalan dipusat kota membentuk sistem *grid*. Pola *Ring-Radial* ini sangat menguntungkan di dalam usaha mengantisipasi perkembangan kota Padang agar mampu menjadi pusat pelayanan wilayah, melayani arus lintas antar region serta mengembangkan akses langsung pusat-pusat primer regional Padang agar tidak bercampur antara lalu lintas lokal dan menerus.

Koridor kota yang menuju kota-kota kabupaten dan propinsi juga telah terbentuk dengan baik. Seluruh arah luar kota telah dilengkapi dengan baik, hubungannya dengan jaringan eksternal dapat disebutkan sebagai koridor regional Kotamadia Padang yaitu :

- Ke Utara : Menuju Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Bukittinggi
- Ke Selatan : Menuju Kabupaten Pesisir Selatan
- Ke Timur : Menuju Kota Solok

Sedangkan pada jaringan jalan Kotamadia Padang yang menjadi pintu masuk, dari ketiga arah tersebut diatas adalah :

- Ke Utara : Jalan Adinegoro dan Padang By Pass
- Ke Selatan : Jalan Lubuk Begalung
- Ke Timur : Jalan Indarung

2.2.2 Kebijakan Pengembangan Sistem Transportasi

Kebijakan pengembangan sistem transportasi di Kota Padang adalah sebagai berikut :

- Menata moda-moda transportasi yang menjadi prasarana/sarana interaksi internal kabupaten dan antar kabupaten/kota, sehingga terjadi kesinambungan di dalam sistem transportasi Kota Besar Padang.
- Melakukan penataan fungsi dan hirarki jaringan jalan, baik dari jaringan jalan yang sudah ada maupun jaringan jalan yang belum ada (yang direncanakan). Penataan fungsi dari jaringan-jaringan jalan ini perlu dikaitkan dengan kondisi saat ini, rencana pengembangan fisik jalan dan pusat-pusat pembangkit lalu lintas.
- Penataan distribusi fungsi dan lokasi pusat-pusat kegiatan transportasi lokal maupun regional, sekaligus rute yang disesuaikan dengan hirarki, fungsi dan kapasitas jalan yang ada.
- Untuk mendukung berfungsinya pusat-pusat pelayanan yang mempunyai skala pelayanan satu lingkungan atau lebih sehingga perlu peningkatan daya hubung.
- Meningkatkan sistem koordinasi kelembagaan di dalam pengelolaan transportasi kota Besar Padang. Koordinasi tersebut akan memecahkan masalah rute lalu lintas,

penentuan rute angkutan umum yang sifatnya menghubungkan wilayah kota Padang dengan wilayah kabupaten/kota, penyediaan sarana/prasarana penunjang (misalnya : terminal, halte dan sebagainya).

2.2.3 Kondisi Transportasi di Kota Padang

Kondisi prasarana transportasi di kota Padang dengan pertumbuhan 4,59% pertahun sangat tertinggal dari pertumbuhan kendaraan yang melebihi 7,37% pertahun. Struktur jalan di kota Padang dari arah utara adalah jalan Raya Adi Negoro berkelas Jalan Arteri Primer dan dari arah timur Jalan Raya Indarung yang juga berkelas Jalan Arteri Primer.

Tabel 2.1 Menunjukkan panjang jalan yang ada di Kota Padang serta jenis permukaan dan kondisinya sampai tahun 2002.

Tabel 2.3 Keadaan Panjang Jalan menurut Jenis Permukaan

No.	Keadaan	Panjang Jalan (Kilometer)	
I	Jenis Permukaan	2001	2002
a	Hot Mix		
	Jalan Nasional	241,608	241,608
	Jalan Propinsi	120,805	120,805
	Jalan Kota	372,192	372,192
b	Penetrasi	115,273	185,198
c	Beton	24,294	24,294
	Jumlah	874,172	944,099
II	Kondisi Jalan		
a	Baik		
	Jalan Nasional	202,026	201,288
	Jalan Propinsi	84,564	81,564
	Jalan Kota	346,553	433,162
b	Sedang	154,996	154,996
c	Rusak	73,087	73,087
	Jumlah	861,226	944,099

Sumber : Dinas Kimpraswil Kota Padang

2.2.4 Klasifikasi Jalan

1. Pengelompokan Jalan Menurut Peranan

Kebutuhan sistem transportasi harus diselaraskan dengan kebutuhan transportasi berdasarkan koridor pergerakan perjalanan, baik angkutan pribadi, angkutan umum penumpang maupun angkutan barang, dengan cara mengefektifkan penggunaan jalan sesuai dengan hirarkinya.

Berdasarkan Undang-Undang Jalan No. 13 tahun 1980 tentang Jalan, pada Bab II, Bagian Pertama, Pasal 2 salah satunya Jalan mempunyai peranan penting dalam bidang ekonomi, politik, sosial budaya, dan pertahanan keamanan serta dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat.

Pengelompokan jalan menurut peranan sesuai UU No. 13 tahun 1980 seperti tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.4 Pengelompokan Jalan menurut Peranan

No.	Kelompok Jalan	Peranan
1	Arteri	Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2	Kolektor	Jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3	Lokal	Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Sumber : UU No. 13 tahun 1980, Bab II, Bagian Kedua, Pasal 4

2. Sistem Jaringan Jalan

Berdasarkan Undang-Undang Jalan No. 13 tahun 1980 tentang Jalan, maka peranan pelayanan jaringan jalan dikelompokkan :

Tabel 2.5 Sistem Jaringan Jalan

No.	Jalan	Peranan
1	Primer	Sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota.
2	Sekunder	Sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota.

Sumber : UU No. 13 tahun 1980, Bab II, Bagian Pertama, Pasal 3

Persimpangan jalan yang ditinjau mengambil lokasi persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan jalan Lubuk Begalung dari segi klasifikasi jalan menurut peranan termasuk jalan arteri, sedangkan menurut sistem jaringan jalan kedua persimpangan jalan tersebut termasuk dalam sistem jaringan jalan primer.

2.2.5 Persimpangan

Ruas-ruas jalan hanya dapat berfungsi sebagai pergerakan lalu lintas dalam sistem jaringan jalan, jika satu sama lain dihubungkan dengan persimpangan. Peran dari persimpangan dalam jaringan jalan oleh karenanya sangat esensial. Kapasitas sistem jaringan jalan sangat ditentukan oleh kapasitas persimpangan yang ada. Kekurangan kapasitas persimpangan atau ketidaktepatan pemilihan metoda pengendalian persimpangan akan menyebabkan tundaan lalu lintas dan antrian kendaraan yang berlebihan. Potensi titik konflik lalu lintas yang banyak pada persimpangan, juga menyebabkan resiko terjadinya kecelakaan menjadi lebih tinggi dibandingkan bagian jaringan jalan lainnya.

Persimpangan merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu jaringan jalan, hal ini sehubungan dengan pengaruhnya terhadap pergerakan dan keselamatan dari arus lalu lintas kendaraan. Persimpangan jalan merupakan keadaan kritis terhadap kapasitas jalan dan memerlukan biaya pembangunan yang mahal, maka pertemuan jalan perlu dilaksanakan secara efisien. Aplikasi ini tidak hanya melayani arus lalu lintas saja, namun juga berperan dalam pengaturan dan kontrol pergerakan lalu lintas.

Kegunaan utama dari dibuatnya persimpangan adalah mengurangi kemungkinan tabrakan antara kendaraan bermotor, pejalan kaki, sepeda dan fasilitas-fasilitas lain yang memberikan kemudahan, kenyamanan dan ketenangan terhadap pemakai jalan lain yang melalui persimpangan.



Gambar 2.2. Persimpangan dengan lampu pengatur lalu lintas

2.2.5.1 Persimpangan Sebidang

Setiap persimpangan mencakup pergerakan lalu lintas menerus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih dari kaki persimpangan dan mencakup juga pergerakan perputaran. Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan dengan berbagai cara,

harus dikendalikan dengan baik dimana erat hubungannya dengan kondisi lokal persimpangan tersebut.

Pada prinsipnya persimpangan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat menampung volume kendaraan tiap jam pada jalan tersebut. Kecepatan menjelang persimpangan, pada prinsipnya sama dengan kecepatan bagian jalan/kaki persimpangan. Bila perlu kecepatan rencana dari lalu lintas menerus dapat dikurangi sampai 20 km/jam sehubungan dengan adanya jalur-jalur pembantu atau median.

Jalan yang menyebar pada suatu persimpangan merupakan bagian dari persimpangan yang disebut dengan kaki persimpangan. Pada umumnya persimpangan dari 2 (dua) jalan mempunyai 4 (empat) kaki, pada persimpangan sebidang banyaknya kaki persimpangan jangan sampai lebih dari 5 (lima).

Jarak antara 2 (dua) persimpangan diusahakan sejauh mungkin, sesuai dengan rencana dan kondisi jalan yang bersangkutan maupun jenis dari kontrol lalu lintas, jarak persimpangan sebaiknya lebih besar daripada angka-angka yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Jarak Pandang Minimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak Pandang Minimum (m)	
	Signal Control	Stop Control
60	170	105
50	130	80
40	100	55
30	70	35
20	40	20

Sumber : Standar perencanaan geometrik utk jalan perkotaan, Ditbinkot, 1992

Untuk keamanan dan kenyamanan lalu lintas, kelandaian di sekitar persimpangan diusahakan serendah mungkin, tidak lebih dari 2%. Panjang pada bagian

kelandaian rendah di dekat persimpangan sebaiknya ditentukan oleh perkiraan panjang antrian yang terjadi selama satu periode berhenti. Nilai yang tercantum pada tabel 2.4 diatas memperlihatkan standar panjang minimum dari bagian yang berkelandaian rendah dalam hal topografi/dan keadaan sekitar tidak memungkinkan antrian panjang.

Apabila volume lalu lintas cukup besar, umumnya diperlukan lampu lalu lintas. Dan untuk suatu persimpangan jalan, gerak mendahului sangat tidak diharapkan dan hanya penurunan kecepatan yang relatif rendah yang akan terjadi.

Persimpangan jalan yang ditinjau yaitu persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan jalan Lubuk Begalung, keduanya merupakan persimpangan yang sebidang dengan 4 (empat) kaki persimpangan.

2.2.5.2 Karakteristik Perempatan Jalan

Fungsi utama dari lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan pada saat bersamaan memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak.

Penanganan jaringan jalan perkotaan harus ditekankan pada persimpangan, mengingat kapasitas jaringan jalan perkotaan ditentukan oleh kinerja persimpangannya. Persimpangan sebagai bagian jalan dimana terdapat titik-titik pertemuan dari arus lalu lintas, haruslah diatur sedemikian rupa agar tercipta suatu keadaan yang aman serta nyaman. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan merupakan hal yang paling kritis dalam pergerakan lalu lintas secara menyeluruh pada jaringan jalan perkotaan.

Lampu lalu lintas yang terpasang di perempatan merupakan kelengkapan untuk memastikan gerakan yang cukup untuk mengurangi waktu antrian pengendara kendaraan bermotor. Panjang siklus lampu lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah durasi sinyal fase hijau, kuning dan merah dengan pendekatan yang diambil.

Menurut Ourston dan Bared (1995), terdapat beberapa karakteristik yang membedakan bundaran modern dengan bundaran biasa disamping aturan *yield-at-entry* yang merupakan elemen operasional yang terpenting. Karakteristik lain yang penting adalah pembelokan lintasan kendaraan dan pelebaran jalan masuk. Karakteristik yang lain diantaranya adalah pulau-pulau jalan untuk mengontrol kecepatan masuk dan mencegah belok kanan, serta jarak pandangan, pencahayaan diwaktu malam, dan perambuan yang baik.

Tingkat pelayanan (*Level of Service*) langsung berhubungan dengan nilai penundaan (*delay*). Secara spesifik tingkat pelayanan dinyatakan dalam istilah *average stopped delay* (penundaan karena berhenti rata-rata) untuk tiap kendaraan untuk periode analisa 15 menit (Highway Capacity Manual, 1985)

Tabel 2.7 Kriteria Tingkat Pelayanan Persimpangan Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Stopped delay per kendaraan (detik)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 – 15
C	15,1 – 25
D	25,1 – 40
E	40,1 – 60
F	> 60

Sumber : Highway Capacity Manual, Special Report 209, Transportation Research Board, Washington, DC, 1985, Table 9-1, p.9-4

Phase pelayanan dari perempatan yang berlampu lalu lintas disesuaikan dengan tipe (searah/dua arah) dan lebar jalan, lokasi serta kepadatan lalu lintasnya. Berdasarkan phase pelayanannya persimpangan tersebut terbagi menjadi :

- Persimpangan 2 phase dengan /tanpa pergerakan 'belok kiri langsung'
- Persimpangan 3 phase dengan /tanpa pergerakan 'belok kiri langsung'
- Persimpangan 4 phase dengan /tanpa pergerakan 'belok kiri langsung'

Phase pelayanan dari persimpangan yang diteliti keduanya yaitu persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan Lubuk Begalung adalah merupakan persimpangan jalan yang mempunyai 3 (tiga) phase dengan pergerakan belok kiri langsung.

2.2.6 Antrian

Antrian dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia didefinisikan sebagai jumlah kendaraan antri dalam suatu pendekat simpang, dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dinyatakan dalam satuan meter. Gerakan kendaraan yang berada dalam antrian akan dikontrol oleh gerakan kendaraan yang didepannya atau kendaraan tersebut dihentikan oleh komponen lain dari sistem lalu lintas.

Kondisi panjang antrian juga akan bervariasi untuk masing-masing lajur pendekat pada suatu simpang. Kondisi ini akan sangat dipengaruhi oleh lamanya sinyal lampu merah dan volume kendaraan yang masuk dalam suatu kaki persimpangan atau pendekat.

Dengan menggunakan data-data lalu lintas seperti siklus lampu lalu lintas dan rata-rata volume kendaraan setiap jamnya, maka dapat dihitung panjang antrian kendaraan total rata-rata berdasarkan persamaan distribusi poisson yang telah dimodifikasi.

Dengan mengambil beberapa asumsi seperti :

- Kendaraan datang secara acak (random arrivals)
- Tidak ada kendaraan yang lolos selama fase lampu merah

maka distribusi selisih jumlah kendaraan yang antri dan sisa kendaraan yang tidak dapatkan layanan lampu hijau ($D_{\Sigma N-M}$) adalah :

$$D_{\Sigma N-M} = \frac{(q.R)^k (e^{-q.R})}{k!}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Dimana :

q = tingkat kedatangan kendaran (kendaraan/detik)

R = waktu fase lampu merah (ditambah lampu kuning), (detik/siklus)

N = jumlah antrian kendaraan selama fase lampu merah, (kendaraan/siklus)

M = jumlah sisa antrian kendaraan pada awal fase lampu merah, (kend/siklus)

$k = N - M$

Dengan mengasumsikan $M = 0$ dan mengabaikan kemungkinan penambahan antrian selama fase lampu hijau sebelum persimpangan jalan kosong dari antrian awal. Hal tersebut dapat dihitung untuk menyediakan perkiraan panjang antrian total selama putaran sinyal lampu. Apabila kendaraan N telah antri sejak awal fase lampu hijau, maka distribusi jumlah total kendaraan (N') yang akan antri selama fase lampu merah dan lampu hijau sebelum antrian tersebut selesai adalah :

$$\frac{N}{N'} x \frac{e^{-N} (Nr)^{N'-N}}{(N'-N)!}, \quad N' = N, N+1, \dots \quad (2)$$

$$\text{rata-rata dari distribusi di atas adalah : } \bar{N}' = \frac{\bar{N}}{1-\rho} \quad (3)$$

dimana ρ adalah intensitas lalu lintas, yang dapat didefinisikan sebagai G/C .

Selanjutnya Patterson (1975) mengembangkan persamaan untuk menentukan \bar{N}' (panjang antrian kendaraan total rata-rata) sebagai berikut :

1. Untuk sinyal pelayanan aktual (*demand-actuated signal*)

$$\bar{N}' = \frac{(V \text{ kendaraan/jam})(1-G/C)(\text{waktu siklus})}{(3600 \text{ detik/jam})[1-G/C]} \quad (4)$$

Harga G/C merupakan rasio volume kendaraan jalur yang ditinjau terhadap kapasitas maksimum perempatan tersebut. Harga G'/C' merupakan pendekatan rasio waktu lampu hijau aktual terhadap waktu siklus. Rumus ini cocok apabila diterapkan pada daerah/wilayah yang telah menggunakan sistem pemantauan lalu lintas terpusat (*mainboard traffics monitoring*) pada perempatan-perempatan jalannya, dimana data yang ada merupakan hasil pemantauan yang kontiniu.

2. Untuk sinyal waktu campuran (*fixed-time signal*)

$$\bar{N}' = \frac{(V \text{ kendaraan/jam})(1-G/C)(\text{waktu siklus})}{(3600 \text{ detik/jam}) \left[1 - \frac{V \text{ kendaraan/jam}}{C \text{ kendaraan/jam fase hijau}} \right]} \quad (5)$$

Rumus yang kedua ini lebih dapat secara umum digunakan, harga G/C merupakan nilai rasio waktu lampu hijau jalur yang ditinjau dan siklus lampu perempatan tersebut.

2.2.7 Satuan Mobil Penumpang

Kendaraan yang melewati jalan raya sangatlah bervariasi baik dalam hal model, bentuk ukuran ataupun dimensi. Keaneka ragaman kendaraan dengan masing-masing memiliki karakteristik tersendiri, akan membentuk suatu perilaku yang berbeda-beda dalam arus lalu lintas yang berjalan. Dalam suatu analisa terhadap lalu lintas maupun terhadap kebutuhan design berbagai macam kendaraan tersebut diatas perlu diadakan suatu nilai konversi untuk memudahkan dalam perhitungannya.

Indonesia memiliki aturan terhadap konversi kendaraan yang tertuang dalam buku Indonesia Highway Capacity Manual 1997 (IHCM, 1997)

Untuk memudahkan pengolahan sesuai dengan kebutuhan nilai arus lalu lintas untuk setiap gerakan dikonversikan dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan yang terlindung atau terlawan, seperti tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2.8 Nilai Ekivalen Mobil Penumpang (EMP) pada Simpang

No.	Jenis Kendaraan	EMP untuk tiap pendekatan	
		Terlindung	Terlawan
1	Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
2	Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
3	Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber : MKJI, 1997

Volume lalu lintas per jam dalam satuan mobil penumpang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = Q_{LV} * EMP_{LV} + Q_{HV} * EMP_{HV} + Q_{MC} * EMP_{MC} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

Q = Volume lalu lintas (smp)

Qi = Volume lalu lintas kendaraan i (dalam kendaraan)

EMP = Ekvivalen Mobil Penumpang

LV = Kendaraan Ringan

HV = Kendaraan Berat

MC = Sepeda Motor

2.2.8 Faktor Emisi dan Total Kuat Emisi

Besarnya faktor emisi sangat ditentukan oleh besarnya konsumsi spesifik bahan bakar. Ada 2 (dua) kemungkinan prinsip yang menentukan besarnya konsumsi spesifik bahan bakar yaitu :

1. Perubahan kondisi, seperti berat kendaraan, bentuk aerodinamis kendaraan
2. Peningkatan efisiensi mesin

Berdasarkan output DEMI sektor transportasi (Studi Markal) diketahui bahwa konsumsi spesifik bahan bakar adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.9 Perubahan Konsumsi Bahan Bakar untuk beberapa jenis kendaraan

PELITA/ REPELITA	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Jenis Kendaraan	Konsumsi Bahan Bakar						
M. Penumpang Bensin	9,80	9,20	8,60	8,10	7,50	7,10	6,60
M. Penumpang Diesel	6,80	6,50	6,20	5,90	5,60	5,30	5,00
Truk Kecil Bensin	14,10	13,20	12,30	11,60	10,80	10,10	9,50
Truk Kecil Diesel	11,50	10,90	10,40	9,90	9,40	8,90	8,50
Truk Besar	29,20	28,40	27,70	27,00	26,40	25,70	25,10
Bus Kecil Bensin	14,10	13,20	12,30	11,60	10,80	10,10	9,50
Bus Kecil Diesel	11,50	10,90	10,40	9,90	9,40	8,90	8,50
Bus Besar	29,20	28,40	27,70	27,00	26,40	25,70	25,10
Sepeda Motor	4,42	4,31	4,10	4,10	4,00	3,90	3,80

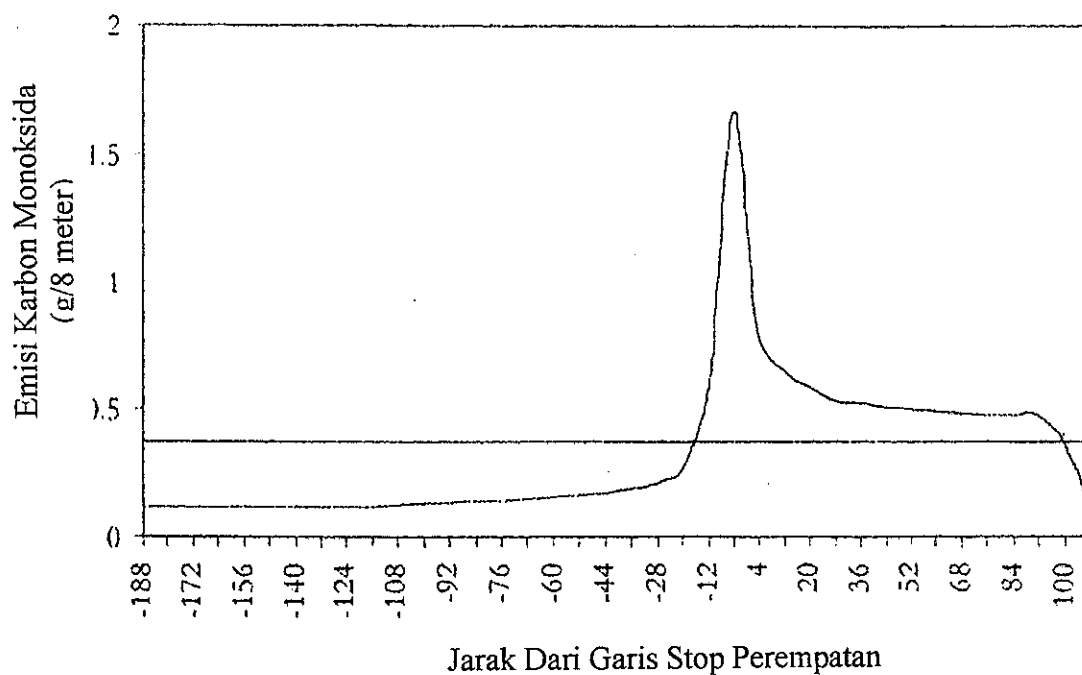
Sumber : BPPT, Jakarta 1991

Faktor emisi kendaraan yang dipengaruhi oleh cara mengendarai kendaraan (driving mode) seperti kecepatan kendaraan untuk suatu model ideal berdasarkan perilaku antrian membentuk suatu profil emisi pada setiap pendekatan persimpangan jalan.

Emission Model menghitung total emisi dari hidrokarbon, karbon monoksida, dan oksida nitrogen dari suatu kendaraan yang telah diterapkan di Amerika sejak tahun 1971. Model tersebut dimodifikasi oleh Patterson (1975) untuk menghitung emisi dengan mengambil batasan sebagai berikut :

- Emisi kendaraan pada setiap interval panjang jalan sama (8 meter) untuk setiap pendekatan kecepatan tetap (*cruise speed*), pengurangan kecepatan (*rate of deceleration*), penambahan kecepatan (*rate of acceleration*) dan *departure speed* untuk rata-rata kendaraan.
- Faktor emisi hasil aproksimasi pada tabel 2.9 merupakan emisi komposisi seluruh jenis kendaraan, berdasarkan fraksi dari 8 jenis kendaraan versi EPA US, yaitu :
 - LDGV (Light-Duty Gasoline Vehicle)
 - LDGT1 (Light-Duty Gasoline Truck 1)
 - LDGT2 (Light-Duty Gasoline Truck 2)
 - HDGV (Heavy-Duty Gasoline Vehicle)
 - LDDV (Light-Duty Diesel Vehicle)
 - LDDT (Light-Duty Diesel Truck)
 - HDDV (Heavy-Duty Diesel Vehicle)
 - MC (Motor Cycle)

Gambar 2.3 memperlihatkan profil emisi melalui modifikasi *Emission Model* untuk 1 kendaraan yang sedang mengurangi kecepatan dari 56,3 km/jam (35 mph) pada 1,23 m/s² (2,75 mph/s) dan menambah kecepatan dari 0 kembali ke 56,3 km/jam pada 1,12 m/s² (2,50 mph/s) dengan tidak ada kejadian idle.



Gambar 2.3 Profil Emisi berdasarkan perhitungan *Emission Model* yang dimodifikasi (Patterson, 1975)

Tabel 2.10 Koefisien Emisi untuk Penggunaan Aproksimasi Profile Emisi

Kecepatan (km/jam)	Rata-rata Kelebihan Emisi (g/m)									Total Kelebihan Emisi/Vehicle (g/m)	Emisi Saat Cruise (g/m)
	Jumlah Kendaraan Antri										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45		
20	0,225	0,229	0,232	0,236	0,239	0,239	0,241	0,238	0,232	0,242	0,0251
25	0,292	0,310	0,316	0,320	0,322	0,323	0,327	0,340	0,364	0,330	2,0211
30	0,337	0,383	0,401	0,406	0,409	0,411	0,422	0,458	0,526	0,425	0,0184
35	0,371	0,447	0,480	0,492	0,497	0,502	0,529	0,588	0,694	0,527	0,0161
40	0,395	0,498	0,553	0,574	0,584	0,592	0,632	0,700	0,820	0,634	0,0141
45	0,410	0,534	0,614	0,649	0,668	0,680	0,702	0,748	0,833	0,747	0,0126
50	0,416	0,553	0,663	0,716	0,746	0,765	0,766	0,773	0,790	0,864	0,0114
55	0,415	0,554	0,698	0,772	0,816	0,843	0,827	0,780	0,701	0,987	0,0103
60	0,409	0,540	0,719	0,816	0,876	0,913	0,917	0,886	0,820	1,114	0,0095
65	0,401	0,513	0,728	0,845	0,922	0,972	1,007	1,003	0,969	1,245	0,0088
70	0,394	0,479	0,726	0,860	0,952	1,018	1,087	1,118	1,124	1,380	0,0083

Catatan : Deselerasi = 1,23 m/s; aselerasi = 1,12 m/s; dan emisi idle = 415,42 g/jam

Sumber : Robert M. Patterson, *Air Quality Modelling at Signalized Intersection*, Washington, D.C, 1975

Kuat Emisi merupakan besaran yang menyatakan laju emisi setiap satuan jarak, dengan satuan gram/meter/detik. Pada persimpangan jalan yang berlampu lalu lintas, emisi polutan yang terjadi banyak dipengaruhi oleh cara kendaraan berjalan (*driving mode*). Patterson (1975) menyatakan bahwa emisi kendaraan di persimpangan jalan tersebut dibentuk oleh 3 (tiga) komponen emisi yaitu :

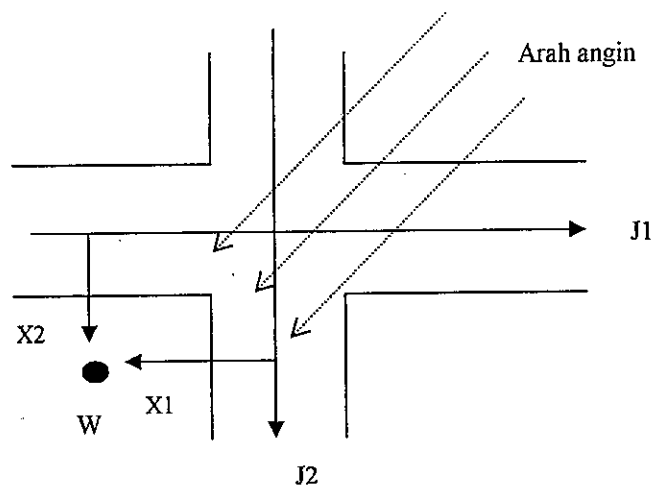
- Emisi saat laju kendaraan konstan (*cruise emission*)
- Emisi saat kendaraan berhenti (*idling emission*)
- Emisi yang disebabkan oleh pertambahan dan pengurangan kecepatan kendaraan (*stopping-starting emission*).

Total kuat emisi dari kendaraan di persimpangan jalan merupakan penjumlahan dari komponen-komponen emisi tersebut, yaitu :

$$\text{Kuat emisi} = \text{Emisi stopping dan starting} + \text{Emisi cruise} + \text{Emisi idle}$$

Dengan memakai anggapan bahwa untuk memperlihatkan adanya hubungan antara antrian kendaraan dipersimpangan dengan menurunnya kualitas udara adalah sebagai berikut :

1. Kuat emisi dipersimpangan merupakan hasil penjumlahan dari emisi pada kaki-kaki persimpangan yang berpengaruh.
2. Arah angin pada persimpangan jalan yang diprediksi adalah seragam, dianggap tidak sejajar dengan salah satu ruas jalan/kaki persimpangan.



Keterangan :

J1 = Kaki 1

J2 = Kaki 2

X1 = Jarak titik pengamatan terhadap J1

X2 = Jarak titik pengamatan terhadap J2

W = titik pengamatan

2.2.9 Faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran polutan

Pergerakan skala meteorologi terbagi dari skala makro (1000 Km) hingga skala mikro (10-100 m). Sumber pergerakan seluruh udara adalah kombinasi energi matahari, rotasi bumi, dan gravitasi bumi. Sangat sederhana, matahari menghangatkan tanah dan tanah menghangatkan udara dan seterusnya, udara hangat naik keatas dan digantikan oleh udara dingin.

Dispersi pencemaran udara tidak hanya terjadi karena adanya angin, tetapi ada beberapa faktor lain yang perlu dipahami yang mempengaruhi penyebaran polutan.

1. Arah dan Kecepatan Angin

Kecepatan angin pada umumnya meningkat sebanding dengan pertambahan ketinggian. Terdapat beberapa variasi ekspresi analisis profil kecepatan angin, diantaranya yang biasa digunakan yaitu :

- Profil logaritmik, $u = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z}{z_0}$ (7a)

$$u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho} \quad \text{..... (7b)}$$

- Profil log-linier, $u = \frac{u_*}{k} \left(\ln \frac{z}{z_0} + \alpha \frac{z}{L} \right)$ (8a)

$$L = - u_*^3 \cdot T \rho c_p / \text{kg } q_h \quad \text{..... (8b)}$$

- Profil pangkat, $u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^p$ (9)

Dua profil yang pertama didasarkan pada fenomena fisik dan asumsi bahwa terjadi tegangan geser yang konstan pada elevasi. Profil pangkat didapat secara empirik

dan sering digunakan dalam studi polusi udara karena dapat mewakili interval yang lebar.

Angin menyebabkan perpindahan polutan secara besar-besaran, konsentrasi polutan terlihat jelas lebih tinggi di daerah yang searah dengan angin dari sumber dibandingkan dengan arah yang berlawanan dari sumber. Oleh karena adanya difusi, konsentrasi menyebar pada satu arah dari garis tengah (arah mendatar dari pergerakan polutan terhadap angin). Selain arah angin, kecepatan angin merupakan hal paling penting; semakin tinggi kecepatan angin, pada umumnya, konsentrasi polutan semakin rendah (efek pengenceran).

2. Stabilitas Atmosfer

Pancaran sinar matahari merupakan fluks energi dari matahari menuju permukaan bumi. Pancaran bervariasi harian (saat fajar, tengah hari, sore hari, malam hari), musiman (musim dingin, panas), secara geografi (kutub, khatulistiwa), dan pengaruh setempat (berawan, cerah). Semakin tinggi pancaran, maka lebih banyak energi yang mencapai permukaan bumi. Udara panas cenderung naik dengan cepat dan dalam kasus ini, atmosfer dalam keadaan "*unstable*". Dari sudut pandang kualitas udara, udara *unstable* adalah baik karena membantu menghilangkan polusi udara di sekitar tanah di mana manusia berada dan menangkap dan membawanya, bercampur di udara bagian lebih atas dan mengencerkan polusi menjadi konsentrasi yang lebih rendah.

Stabilitas atmosfer merupakan metoda untuk mengklasifikasikan kemampuan atmosfer mengencerkan dan mencampur udara. Selain pancaran sinar matahari, metoda

klasifikasi yang digunakan oleh EPA juga memasukan kecepatan angin. Efek mekanik angin (pencampuran turbulen dan geseran angin) dapat mendominasi efek pencampuran panas (*thermal mixing effect*).

Atmosfer yang stabil menghambat proses dispersi pencemar, sehingga terjadi akumulasi pencemar. Sedangkan keadaan atmosfer yang tidak stabil dapat membantu pencemar terdispersi sehingga konsentrasi pencemar menurun.

Tabel 2.11 Kestabilan Atmosfeer (Pasquil – Gifford)

Kecepatan Angin Permukaan ^a (m/s)	Pancaran Sinar Matahari Siang Hari			Kondisi Awan Malam Hari	
	Kuat ^b	Sedang ^c	Lemah ^d	Berawan	Cerah
<2	A	A - B ^e	B	E	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Sumber : D.B Turner, 1970

Catatan :

- Kecepatan angin permukaan diukur pada ketinggian 10 m dari tanah
- Kondisi siang hari cerah pada musim panas dengan matahari $>60^{\circ}$ diatas horizon
- Kondisi siang hari musim panas dengan sedikit awan atau siang hari cerah dengan matahari $35^{\circ} - 60^{\circ}$ di atas horizon
- Kondisi sore hari atau siang hari berawan musim panas atau siang hari cerah musim panas dengan matahari antara $150 - 350$.
- Kondisi awan didefenisikan sebagai fraksi langit tertutup awan
- Untuk kondisi A - B, B - C, atau C - D rata-rata nilai berlaku untuk masing-masing :

A = sangat tidak stabil

B = sedang tidak stabil

C = lemah tidak stabil

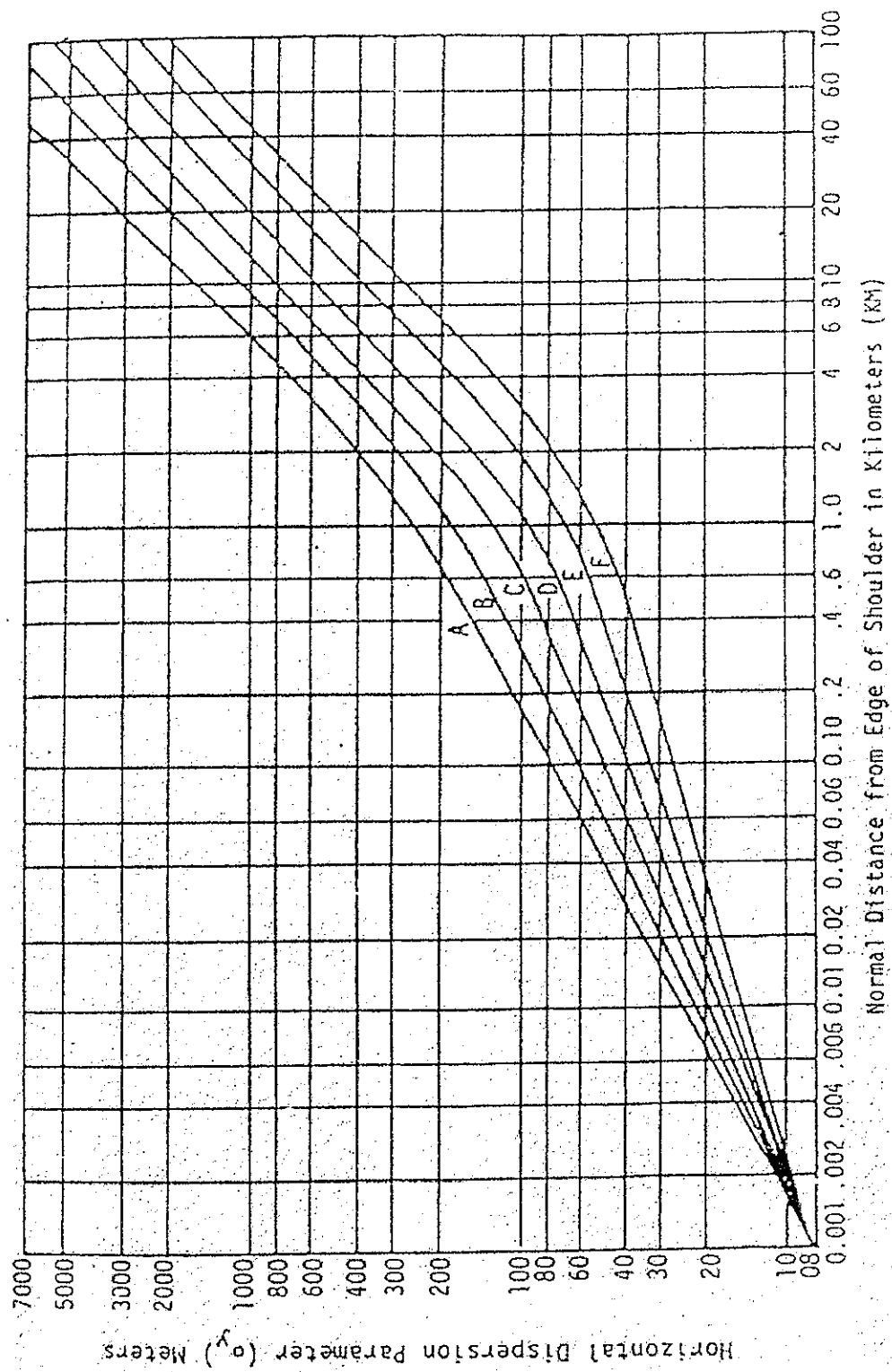
D = netral

E = lemah stabil

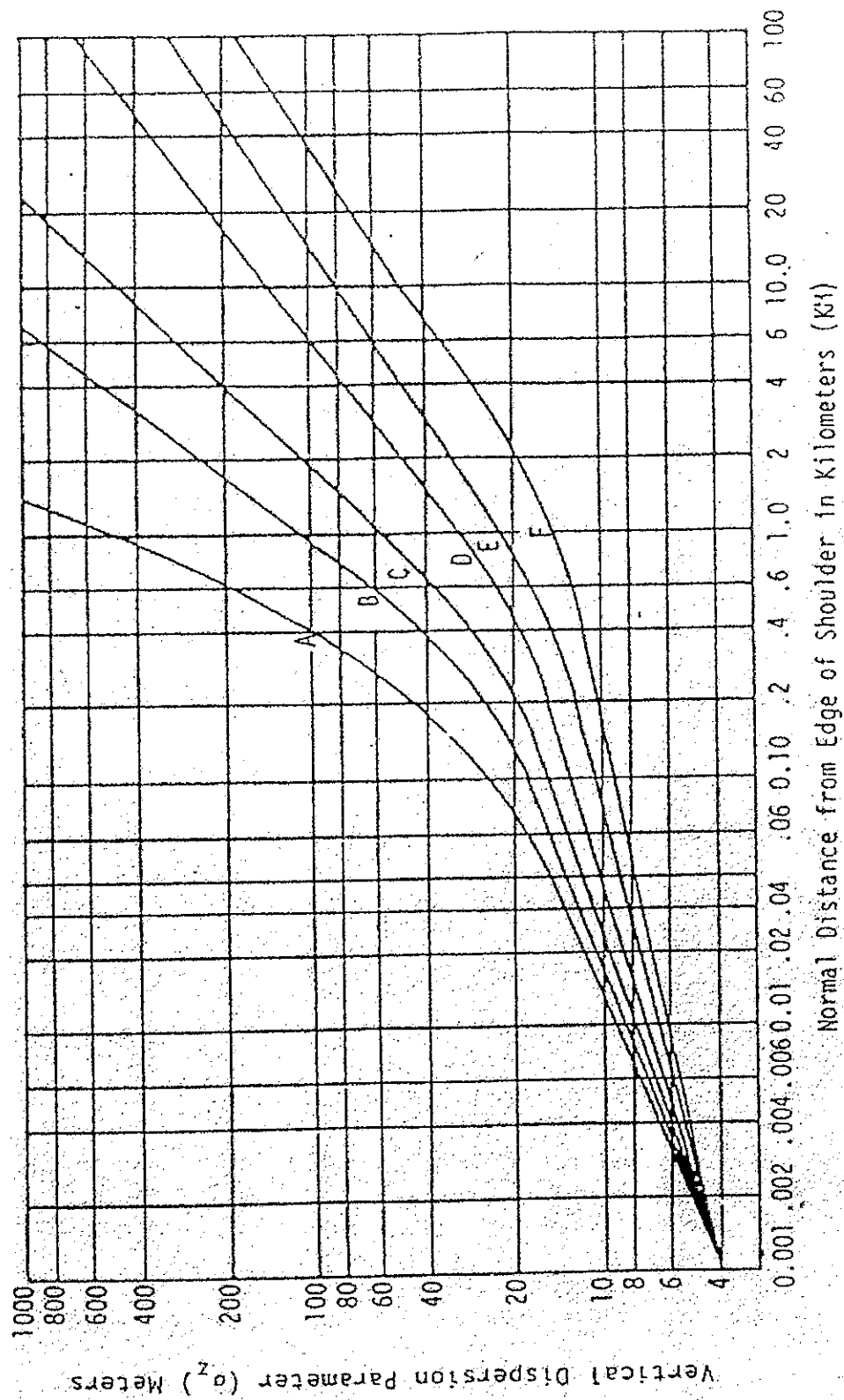
F = stabil

Koefisien Difusi Horizontal dan Vertikal

Koefisien difusi untuk sumber garis seperti halnya untuk sumber titik ditentukan secara empiris berdasarkan studi atau pengamatan lapangan. Hasil pokok dari studi tadi menerangkan bahwa laju difusi tersebut tergantung kepada kondisi turbulensi dari atmosfer, yang bervariasi secara temporer (perubahan insolasi, kecepatan angin dan struktur temperatur vertikal dll) dan secara spasial (efek geseran angin terhadap ketinggian dan kekasaran permukaan). Gambar 2.4 dan 2.5 menunjukkan kurva koefisien difusi σ_z dan σ_y yang secara luas digunakan oleh Divisi Jalan Raya California dan EPA.



Gambar 2.4 Parameter Dispersi Horizontal (Beaton - California, 1972)



Gambar 2.5 Parameter Dispersi Vertikal (Beaton - California, 1972)

3. Topografi Alam

Beberapa daerah perkotaan terbesar berlokasi dekat badan air yang luas. Jenis kota yang demikian sering terkena efek yang dikenal dengan sebagai *land-sea breeze*. Selama siang hari, matahari memanasi daratan lebih cepat daripada air, sehingga udara yang lebih hangat naik keatas, terjadi pergantian udara dari atas perairan. Selama malam hari daratan lebih cepat dingin, dan terjadi sirkulasi yang berkebalikan.

Aktivitas manusia yang besar berpengaruh pada kualitas udara di daerah kota besar adalah efek *street canyon*. Hal ini akibat yang tercipta dari canyon gedung-gedung tinggi pada kedua ruas sisi jalan yang sibuk ditengah kota. Ini merupakan lingkungan mikro di mana emisi terperangkap dan konsentrasi dapat berkembang pada tingkat yang sama tinggi dengan pencampuran atmosfer yang baik didaerah umum.

Keadaan topografis dan geografis daerah kota Padang akan memberikan suatu karakteristik meteorologi regional yang tersendiri. Inversi temperatur dan aliran udara bolak-balik akan sangat mungkin terjadi, baik secara periodik maupun menerus.

2.3. Permodelan Kualitas Udara

Model atau permodelan didefenisikan sebagai representasi (mewakili atau perwakilan) dari suatu realitas dalam bentuk sederhana dan digunakan sebagai alat untuk memecahkan masalah (Jorgensen, 1993), secara garis besar terdapat 3 (tiga) macam model :

a. Model Ikonis

Model yang berupa bentuk tiruan atau gambar dari bentuk masalah (benda) sesungguhnya yang pada umumnya dibuat dengan skala diperbesar atau diperkecil.

b. Model Analog

Dalam model analog, kita melihat suatu permasalahan dalam bentuk lain dan tidak sekedar memperbesar atau memperkecil bentuk atau mengambil sifat matematisnya, tetapi sudah diterjemahkan ke dalam bentuk yang lebih efisien dan efektif.

c. Model Matematis

Model yang mempresentasikan masalah dalam bentuk sifat matematis atau persamaan matematisnya.

Dalam memecahkan masalah yang timbul biasanya pendekatan matematik dan empirik perlu diterapkan. Permodelan matematik merupakan suatu cara dan alat yang memungkinkan dicapainya tujuan-tujuan tertentu yang diperlukan dalam menangani dan melihat kedepan masalah lingkungan yang telah atau akan timbul

Berbagai fenomena yang perlu diterjemahkan dalam permodelan meliputi fisik, kinetika kimia dan biologi, dengan tetap melihat peranan individu dan gabungan fenomena tersebut dalam sistem lingkungannya. Bagian ini pula yang menjadi bagian terpelik di dalam permodelan lingkungan, karena fenomena yang teramati pada dasarnya merupakan hasil dari kompetisi ketiga fenomena utama yang berlaku di dalam sistem lingkungan.

Pendekatan sistem yang umum digunakan adalah memformulasikan fenomena lingkungan yang terjadi, diikuti dengan pertimbangan dan pengendaliannya secara rekayasa. Umumnya fokus diarahkan kepada sistem lingkungan secara keseluruhan dengan melihat dan menelaah interaksi komponen yang ada di dalamnya. Dalam hal ini

pendekatan masalah dilakukan dengan berdasarkan pandangan kerekayasaan, terutama dalam aspek pengendalian masalah lingkungan.

2.3.1 Model Pencemaran Udara

Faktor yang mempengaruhi tingkat pencemaran udara di sekitar jalan raya di sebuah kawasan yang dikelilingi penghalang atau *terrain* secara singkat disebabkan oleh aliran perputaran yang dapat dijelaskan secara kualitatif, sebagai berikut :

a. Pembentukan polutan dan pengemisian kedalam udara di sekeliling kendaraan

Phase ini berawal dari pembentukan polutan melalui pembakaran dan penguapan bahan bakar. Kecepatan pembentukan per unit jarak secara normal merupakan fungsi dari berat dan kecepatan kendaraan, selain faktor lainnya. Dalam suatu aliran pergerakan lalu lintas, kendaraan menyebabkan zona turbulensi yang melarutkan gas buang dan membentuk *mixing cell* yang lebih baik secara uniform. *Mixing cell* tersebut normalnya secara sembarang mengambil kira-kira dua kali dimensi lebar kendaraan, dan dapat digunakan sebagai sumber emisi efektif.

b. Perpindahan dan reaksi selama beberapa menit pertama

Pada phase ini angin lokal dan atmosfer (interaksi dengan *terrain*) serta turbulensi akibat kendaraan memindahkan dan mendispersi polutan. Secara umum, lebih besar jarak dari jalan raya, maka semakin kecil konsentrasinya.

c. Perpindahan dan reaksi selama beberapa jam kemudian

Pada phase ini atau skala *mesoscale*, hingga jarak *downwind* (sekitar 1 km), efek dari jalan raya tunggal dapat diabaikan. Konsentrasi pada skala ini merupakan jumlah emisi dari beberapa jalan raya dan sumber lainnya.

Pada penelitian ini penulis mencoba dengan memakai rumus model Gaussian sumber garis seperti berikut :

$$C(x,z) = \frac{2 Q / L}{(2\pi)^{1/2} u \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{z^2}{2 \sigma_z^2}\right) \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- $C(x, z)$ = konsentrasi kontaminan pada koordinat x, z (g / m^3)
- Q = kuat emisi polutan kendaraan (g / ms)
- u = kecepatan angin (m / dt)
- σ_z = koefisien difusi vertikal (m)
- z = tinggi reseptor (m)

Alasan penulis mengambil rumusan model Gaussian adalah, selama ini dari penelitian-penelitian yang terdahulu telah terbukti bahwasanya model Gaussian dapat menjawab masalah pencemaran udara yang terjadi. Dalam hal ini penulis mencoba mengaplikasikannya kedalam data persimpangan, pada penelitian ini batasan yang digunakan adalah dipersimpangan jalan yang berlampu lalu lintas.

Pada skala mikro, model Gaussian digunakan untuk menghitung konsentrasi polutan pada suatu titik reseptor berdasarkan jumlah emisi yang dikeluarkan oleh sumber emisi (kendaraan bermotor) sebagai titik acuan.

Persamaan diatas dapat diaplikasikan untuk memprediksi konsentrasi pencemaran udara di dekat perempatan jalan atau area parkir. Sebagai contoh, jalan raya yang cukup panjang sebagai sumber garis dapat dianggap sebagai serangkaian panjang dari sumber titik begitupun untuk masalah persimpangan, dengan panjang antrian kendaraan bermotor yang ada dipersimpangan dapat dianggap sebagai sumber garis.

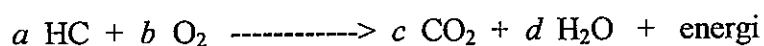
Modifikasi dari persamaan Gaussian dispersi untuk jalan raya pada perempatan jalan yang membentuk sudut miring terhadap angin yang berhembus dapat didekati dengan membagi komponen paralel dan tegak lurus arah angin. Pendekatan tersebut dapat dimungkinkan dengan mengambil beberapa asumsi-asumsi sebagai berikut :

- Emisi dari serangkaian sumber titik tersebut dianggap sama/ merata
- Koordinat dari reseptor mengacu pada sistem koordinat perempatan jalan dengan mengambil titik tengah perempatan sebagai titik pusat (0,0) dan komponen jalan perempatan sebagai sumbu-sumbunya.

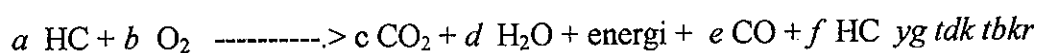
2.4 Emisi Kendaraan

Dampak kualitas udara yang disebabkan oleh adanya pencemaran udara lokal dianalisis dengan memperbandingkan terhadap standar kualitas udara yang berlaku. Tingkat emisi dari sumber transportasi ditentukan bagi polutan tersebut dimana standar diaplikasikan. Dalam analisis dampak dari fasilitas transportasi tergantung pada kualitas udara, salah satunya adalah evaluasi dampak pembakaran bahan bakar minyak berkadar sulfur rendah untuk bensin dan solar oleh mesin yang sedang beroperasi.

Reaksi dasar pembakaran yang terjadi dalam mesin adalah :



Bagaimanapun, jika reaksi tersebut sering terjadi pada keadaan karbon berlebih dan peningkatan komplikasi terhadap pengaruh dinding ruang pembakaran, reaksinya menjadi:



Jumlah relatif dari berbagai jenis polutan yang diemisikan oleh sebuah mesin bervariasi sebagai fungsi dari jenis mesin dan mode operasi mesin, seperti halnya pada respon kondisi atmosfer (temperatur, kelembaban, tekanan atmosfer, dll). Jika CO dan HC berasal dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, bertambahnya efisiensi pembakaran cenderung mengurangi tingkat polutan yang diemisikan. Sebaliknya, bertambahnya temperatur mesin, fraksi nitrogen atmosfer yang dioksidasi menjadi unsur NO_x yang kebanyakan NO berubah menjadi NO₂ setelah emisi akan meningkat pula.

Tabel 2.12 Tingkat Emisi Pencemar Udara di Kota Padang

Aktivitas Transportasi	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	NO _x ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Partikulat ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Terminal	4,777	101.40	70.60
Pemukiman	665.70	13.40	22.70
Pertokoan	5,245	87.90	37.47
Industri	133	7.70	23.35

Sumber : Bappedalda Prov. Sumbar, 2003

Prinsip dasar dan pengendalian transport buangan berbahaya (kontaminan) yang dilepaskan dari sumbernya ke atmosfer, jangkauan transport kontaminannya mengikuti prinsip adveksi dan dispersi. Dispersi diartikan proses penyebaran pencemar/kontaminan akibat adanya gradien kecepatan. Sedangkan adveksi diartikan sebagai proses dimana udara yang mengalir mengangkut zat-zat terlarut (kontaminan).

Diatmosfer adveksi identik dengan kecepatan angin. Kontaminan yang berada di udara selain bergerak secara adveksi, juga bergerak secara longitudinal dan lateral melalui flux dispersi. Pelepasan dan penguapan gas buangan dari kendaraan lalu lintas jalan raya mengikuti model Plume sebagai akibat pelepasan yang kontiniu dari daerah yang

terkontaminasi. Dalam transfer kontaminan di atmosfer, angin merupakan paling penting. Kecepatan kontaminan yang terdispersi masuk ke atmosfer dipengaruhi oleh kecepatan angin, turbulensi dan sifat Plume.

2.4.1. Dampak Emisi CO, NO_x dan Partikulat terhadap Lingkungan

Penurunan kualitas udara melalui berbagai macam pencemaran akan menjadi ancaman yang sangat serius terhadap keseimbangan ekologi serta keberlanjutan kehidupan makhluk hidup. Penurunan kualitas udara telah melanda kota-kota di dunia, termasuk pula kota-kota di Indonesia. Hal tersebut juga terjadi di kota Padang, baik yang disebabkan transportasi, industri maupun sumber pencemar yang lainnya.

Adanya polutan di udara yang lembab menyebabkan terjadinya reaksi kimia antara polutan dengan uap air. Hasil reaksi ini terutama asam sulfat dan asam nitrat (NO_x), menyebabkan lapuknya barang-barang logam, tembok bangunan, cat rumah tinggal atau mobil serta fasilitas umum.

Asam sulfat dan asam nitrat bereaksi dengan kapur (carbonate) yang dipakai sebagai bahan bangunan, reaksi tersebut menyebabkan lapuknya tembok sehingga dapat mempercepat turunnya nilai ketahanan bangunan.

2.4.2. Dampak Emisi CO, NO_x dan Partikulat terhadap Tumbuh-tumbuhan

Polutan yang terdapat disekitar jalan juga dapat merusak tanaman. Tanaman membutuhkan oksigen untuk bernafas, sinar matahari untuk asimilasi dan zat kimia lain yang dihisap melalui akar. Akan tetapi, dengan adanya polutan udara yang terhisap atau

masuk kedalam pori-pori daun akan merusak sel-sel daun dan menutupi jalannya sinar matahari.

Dampak lain juga dapat dilihat pada pencemaran tanah yang diakibatkan oleh hujan asam yang mengakibatkan kadar keasaman tanah menjadi meningkat yang pada akhirnya mengganggu pertumbuhan tanaman yang ada diatasnya. Penurunan PH tanah mengakibatkan terlepasnya aluminium dari zarah tanah dan mengakibatkan keracunan pada akar tanah, akar menjadi tidak menyerap air dan tumbuhan mati kekeringan.

2.4.3. Dampak Emisi CO, NO_x dan Partikulat terhadap Kesehatan

Pencemaran udara dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia melalui berbagai cara, antara lain dengan merangsang timbulnya atau sebagai faktor pencetus sejumlah penyakit. Kini perhatian dunia ditujukan pada kombinasi antara SO₂, asap (*black smoke*) dan debu (*particulat matter*). Partikulat diudara bervariasi dari segi fisik ataupun komposisi kimianya, serta sumber dan ukurannya. Partikulat PM¹⁰ (yaitu fraksi partikel diudara yang memiliki ukuran dibawah 10 μ m) adalah yang utama, karena dengan ukurannya yang kecil, partikel ini jika terhirup dapat menembus saluran pernafasan hingga paru-paru, sehingga memiliki resiko tinggi bagi kesehatan. Dilain fihak, partikulat yang ukurannya lebih besar, jarang terhirup karena adanya efek pengendapan di udara ambien.

Sumber utama dari partikulat PM¹⁰ di beberapa negara di Eropa berasal dari emisi lalu lintas, terutama dari kendaraan diesel. Selain membuat kotor, bau dan visibilitas,

Sedangkan kategori dari nilai ISPU adalah seperti tabel berikut :

Tabel 2.14 Kategori dan Penjelasan tentang nilai ISPU

KATEGORI	RENTANG	PENJELASAN
Baik	0 – 50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewandan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.
Sedang	51 - 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.
Tidak sehat	101 - 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat tidak sehat	200 - 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Sumber : Lampiran KEPMENEG No. KEP-45/MENLH/10/1997

Sedangkan untuk metoda perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara adalah dengan memakai rumus :

$$I = \frac{I_A - I_B}{X_A - X_B} (X_x - X_B) + I_B \quad \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan : I = ISPU terhitung

I_A = ISPU batas atas

I_B = ISPU batas bawah

X_A = Ambien batas atas

X_B = Ambien batas bawah

X_x = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

2.6. Penelitian Terdahulu mengenai Pencemaran Udara

Studi maupun penelitian tentang pencemaran udara baik yang dilakukan luar maupun dalam negeri, telah banyak dilakukan oleh para ahli.

Berdasarkan hasil penelitian di Amerika Serikat pada tahun 1980, kematian yang disebabkan oleh pencemaran udara mencapai angka kurang lebih 51.000 orang. Menurut para ahli, pada sekitar tahun 2000 an kematian yang disebabkan oleh pencemaran udara akan mencapai angka 57.000 orang pertahunnya. Selama 20 tahun angka kematian yang disebabkan oleh pencemaran udara naik mendekati 14% atau mendekati 0,7% per tahun. Berdasarkan data yang dikemukakan Miller tahun 1979 menginformasikan bahwa Amerika Serikat dipandang dari segi efek dan gangguan kesehatan yang membahayakan dari kontaminan-kontaminan sulfur oksida, partikulat, nitrogen oksida, hidro karbon dan karbon monoksida, kontaminan sulfur oksida dan partikulat yang menempati dua urutan teratas. Sebaliknya konon karbon monoksida menempati urutan terbawah dari kelima jenis zat pencemar udara. Zat-zat pencemar udara tersebut didominasi oleh sumber pencemar transportasi, yaitu mencapai 54,5% total emisi tahunan, 22,2% total efek kesehatan relatif (Anies, 2002)

Beberapa data epidemiologik telah dilansir oleh WHO tahun 1992 (Anies, 2002), Fairibian dan Reid menemukan bahwa angka kejadian penyakit bronchitis lebih banyak diderita pada pengantar pos di daerah dengan pedut tebal. Sedangkan di London, kejadian penyakit kanker paru terbesar di bagian timur laut kota, angin membawa pencemaran udara dari pusat dan bagian selatan kota. Penyelidikan di Cracow (Polandia) tahun 1965 "prevalensi" gejala-gejala pernafasan lebih banyak didapatkan pada orang-orang yang tinggal di daerah pencemaran udara tinggi. Penyelidikan lain di Rotterdam

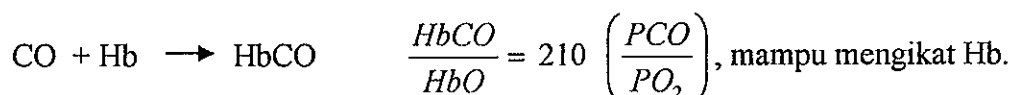
terhadap 1.000 anak sekolah yang tinggal di pusat kota dengan pencemaran tinggi dan daerah pemukiman baru di pinggiran kota, menunjukkan bahwa anak-anak di pinggiran kota rata-rata lebih tinggi dan lebih berat badan dibandingkan dengan tinggi dan berat badan anak-anak di perkotaan dengan pencemaran udara yang tinggi. Colley dan Reid (1970) juga menemukan angka bronchitis terendah di daerah pedesaan dan angka tertinggi di daerah yang terkena pencemaran berat. Hal ini dijumpai pada anak-anak dan pekerja yang setengah terlatih dan tidak terlatih.

Pada tahun 1980, misalnya, kota industri Cubatao, Brasilia, melaporkan bahwa sebagai akibat pencemaran udara, 40 dari setiap 1.000 bayi yang lahir di kota itu meninggal saat dilahirkan, 40 yang lain kebanyakan cacat, meninggal pada minggu pertama hidupnya. Pada tahun yang sama, dengan 80.000 penduduk Cubatao mengalami sekitar 10.000 kasus medis darurat yang meliputi TBC, pneumonia, bronchitis, emphysema, asma dan penyakit-penyakit pernafasan lain.

Disamping itu penelitian yang untuk menurunkan kadar CO, tanah merupakan salah satu media yang dapat menyerap gas CO dari atmosfer, dengan kata lain kandungan CO dalam udara dapat dihilangkan dengan mengontakkannya dengan tanah. Dari hasil Penelitian diperoleh bahwa udara yang mengandung CO sebesar 120 ppm dapat dihilangkan selama 3 jam dengan cara mengontakkannya dengan 2,8 Kg tanah (Human, 1971). Selain itu mikroorganisme dalam tanahpun dapat pula menghilangkan senyawa CO dari lingkungan.

Pengaruh CO terhadap tubuh manusia terutama disebabkan karena reaksi antara CO dengan *haemoglobin* (Hb) didalam darah. Haemoglobin di dalam darah secara normal berfungsi dalam *sistem transpor* untuk membawa oksigen dalam bentuk

oksihaemoglobin (O_2Hb) dari sel-sel tubuh ke paru-paru. Dengan adanya CO, haemoglobin dapat membentuk karboksihaemoglobin ($COHb$). Jika reaksi demikian yang terjadi, maka kemampuan darah untuk mentranspor oksigen menjadi berkurang.



Tabel 2.15 Konsentrasi Hb dalam darah

Konsentrasi CO diatmosfer (ppm)	Keseimbangan HbCO Dalam darah (%)	HbCO di dalam darah setelah paparan 30 menit (%)		HbCO di dalam darah setelah paparan 60 menit (%)	
		Beristirahat	Bekerja Keras	Beristirahat	Bekerja Keras
30	4,8	0,27	0,99	0,54	1,98
50	8,0	0,45	1,65	0,90	3,30
125	20	1,12	4,12	2,24	8,24
250	40	2,25	8,24	4,50	16,48

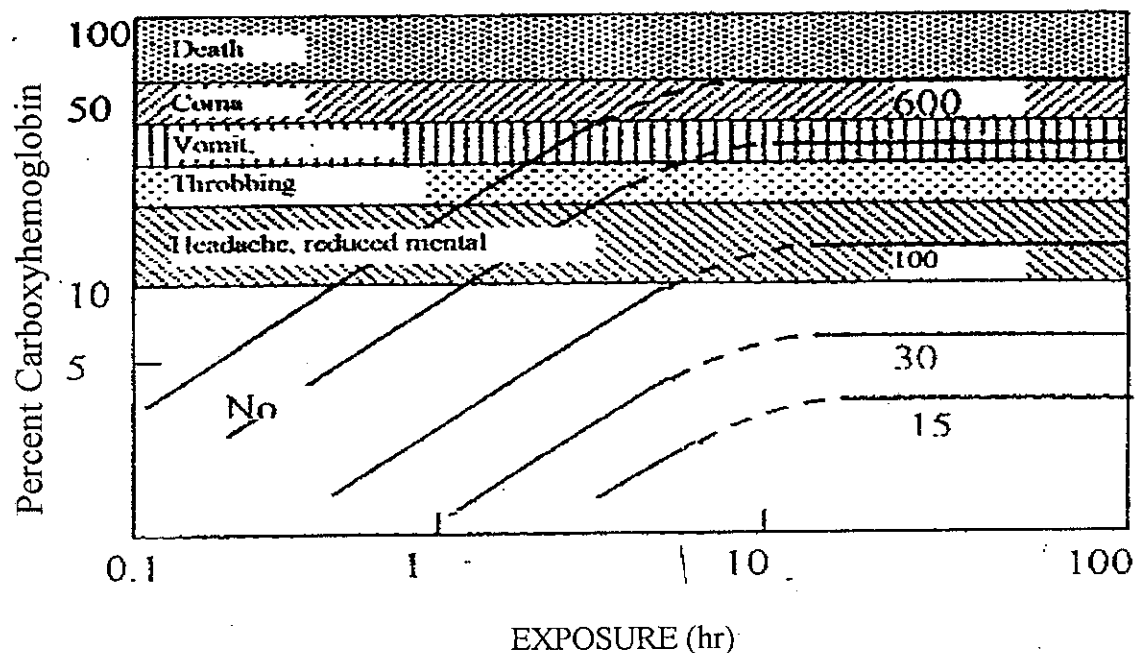
Sumber : Watkins, 1991

Sedangkan untuk tanda dan gejala pada manusia yang sudah terpapar CO dalam darah, seperti tabel berikut :

Tabel 2.16 Tanda dan Gejala pada Berbagai Konsentrasi HbCO

% HbCO	Tanda dan Gejala pada Manusia
0 – 10	Tidak ada tanda atau gejala
10 – 20	Pusing ringan, terjadi dilatasi pada darah
20 – 30	Pusing
30 – 40	Pusing berat, badan lemah, tidak konsentrasi, pingsan
40 – 50	Sama dengan diatas, kemungkinan pingsan lebih besar, kecepatan pernafasan meningkat
50 – 60	Sinkop, kecepatan pernafasan meningkat
60 – 70	Koma, kegiatan jantung dan kecepatan pernafasan menurun, ada kemungkinan meninggal
70 – 80	Pernafasan lambat, hembusan nafas lemah, gagal bernafas dan meninggal dalam beberapa jam
80 – 90	Meninggal kurang dari 1 jam
90 +	Meninggal dalam beberapa menit

Sumber : Watkins, 1991



Gambar 2.6 Dampak Paparan Karbon Monoksida terhadap Manusia
(Seinfeld, 1986)

Pengaruh pengotoran udara terhadap kesehatan yang jelas adalah iritasi dan pengotoran saluran pernafasan dan paru-paru. Hal tersebut dapat disebabkan oleh sulfur dan NO_x , ozone (O_3) dan komponen lain. Paparan untuk waktu yang lama dapat mengakibatkan bronchitis, gangguan paru-paru dan pneumonia. Gas buang kendaraan dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi timah dalam darah yang menyebabkan penurunan kemampuan absorpsi oksigen. Dimana dari kajian literatur diketahui bahwa NO_x dapat mengganggu pernafasan sedangkan HC dan TSP disamping mengganggu pernafasan dapat juga menimbulkan rasa pusing, mual, terganggu syaraf dan konsentrasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

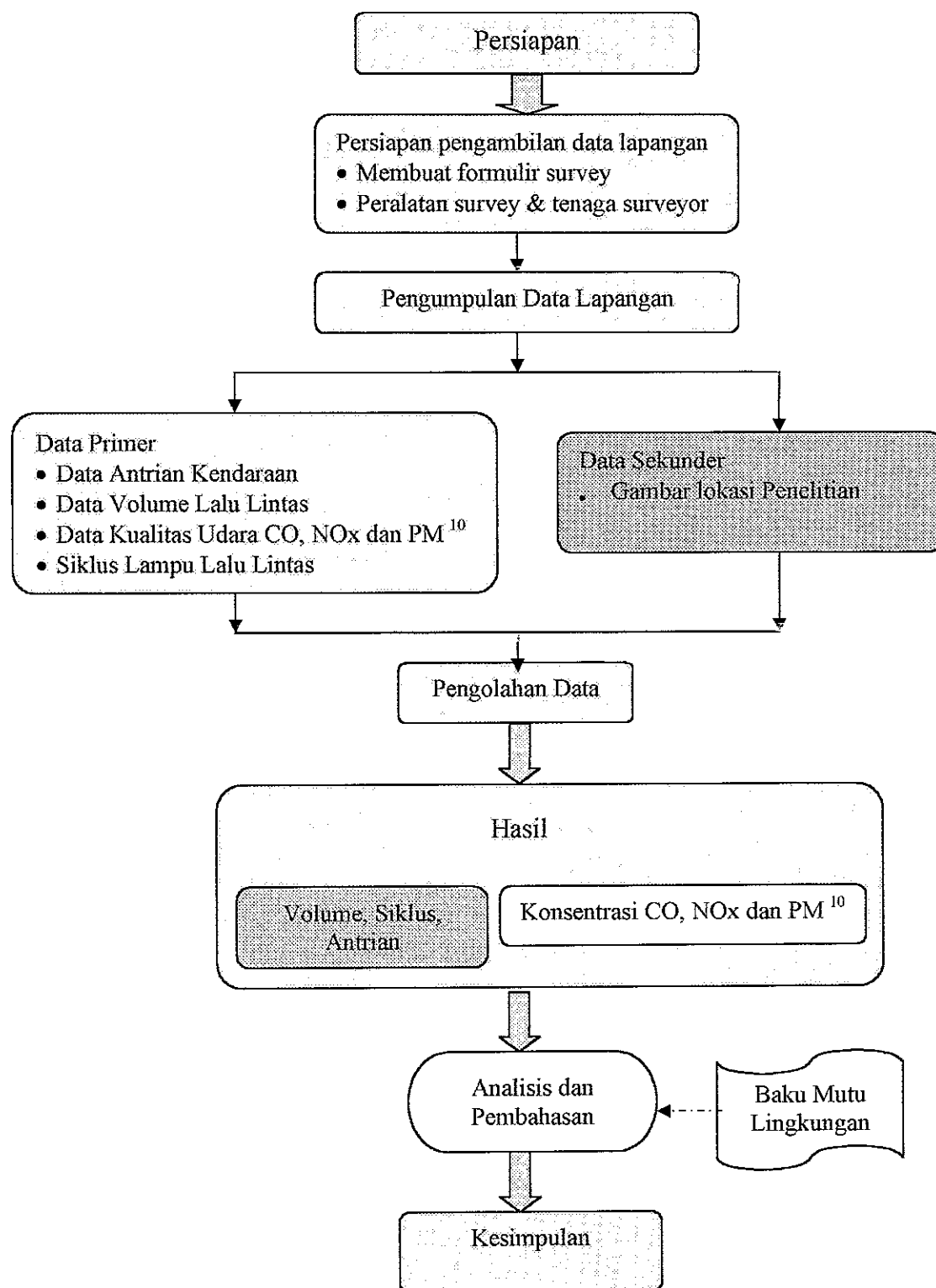
3.1. Pendekatan Penelitian

Kegiatan perkotaan yang meliputi kegiatan sektor-sektor pemukiman, transportasi, komersial, industri, pengelolaan limbah padat dan sektor penunjang lainnya merupakan kegiatan yang potensial dalam merubah kualitas udara perkotaan. Tingkat kualitas udara juga dipengaruhi oleh pencemaran udara yang ditimbulkan dari kegiatan perkotaan yang sangat dinamik.

Pada dasarnya studi ini akan mengamati seberapa besar pengaruh hubungan antara kejadian berkaitan dengan antrian kendaraan bermotor dipersimpangan dengan perubahan kualitas udara dengan adanya penambahan polutan di udara. Prediksi berdasarkan parameter volume lalu lintas, kecepatan dan komposisi kendaraan pada suatu waktu pengukuran saat terjadi antrian pada persimpangan dibandingkan dengan hasil pengukuran pada polutan yang terjadi pada persimpangan jalan.

Penelitian dilakukan melalui studi pustaka, data sekunder dan dilanjutkan dengan studi lapangan menggunakan data primer. Data yang diambil yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini akan ditekankan pada bagaimana parameter antrian kendaraan dapat mempengaruhi jumlah polutan yang diemisikan.

Secara keseluruhan tahap pengerjaan merupakan suatu siklus antara permasalahan di lapangan, tahap persiapan, tahap pengumpulan data dan pengolahan data serta tahap analisa dan pembahasan, seperti tampak pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Bagan alir Jalannya penelitian

3.2. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini akan memfokuskan pada penyebaran polutan cemaran CO, NOx dan Partikulat yang terjadi dipersimpangan, khususnya pengaruh dari arus lalu lintas yang pada saat terjadi penumpukan arus atau antri pada saat lampu lalu lintas merah dan pada saat akan berjalan waktu lampu lalu lintas hijau.

Penelitian ini dengan pengambilan data polusi udara CO, NOx dan partikulat pada persimpangan jalan dengan memperhatikan arah angin terhadap ruas jalan atau persimpangan yang ditinjau. Pada dasarnya titik-titik reseptor ditempatkan di hilir jalan (terhadap arah angin), dengan titik pasang pada jarak 10 m, dengan ketinggian reseptor adalah 1,5 m diatas permukaan tanah dan diupayakan memiliki ketinggian yang merata. Penentuan titik pengamatan ini disesuaikan dengan keadaan lokasi yang ditinjau.

Sarana transportasi yang dijadikan subjek penelitian adalah ruas jalan di dalam kota Padang. Lokasi tersebut diantaranya adalah Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan dan Persimpangan Jalan Lubuk Begalung dengan kondisi perkerasan jalan yang baik, kondisi marka yang cukup baik dan lalu lintas simpang sering dalam kondisi antri. Dapat dilihat pada Gambar 3.2



Persimpangan Bagindo Aziz Chan



Persimpangan Lubuk Begalung

Gambar 3.2 Persimpangan Bagindo Aziz Chan dan Lubuk Begalung

3.3 Lokasi Penelitian

Salah satu hal yang sangat penting untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai dalam suatu penelitian adalah sangat tergantung bagaimana memilih lokasi penelitian.

Alasan penulis mengambil lokasi kota Padang adalah antara lain :

- Kota Padang yang dikenal selama ini memang belum mempunyai masalah dengan pencemaran udara, tapi penulis melihat dari sisi prediksional kedepan. Dengan bertambahnya kendaraan dari tahun ketahun tentu juga lama kelamaan akan menimbulkan dampak yang nantinya akan cukup serius dengan kualitas udara.
- Dengan diambilnya kota Padang sebagai daerah penelitian, semoga saja nanti akan menjadi suatu kajian yang diharapkan akan ditindaklanjuti oleh Pemerintah Kota Padang dalam menjamin terhindarnya warga kota ataupun kota dari predikat kota tercemar.

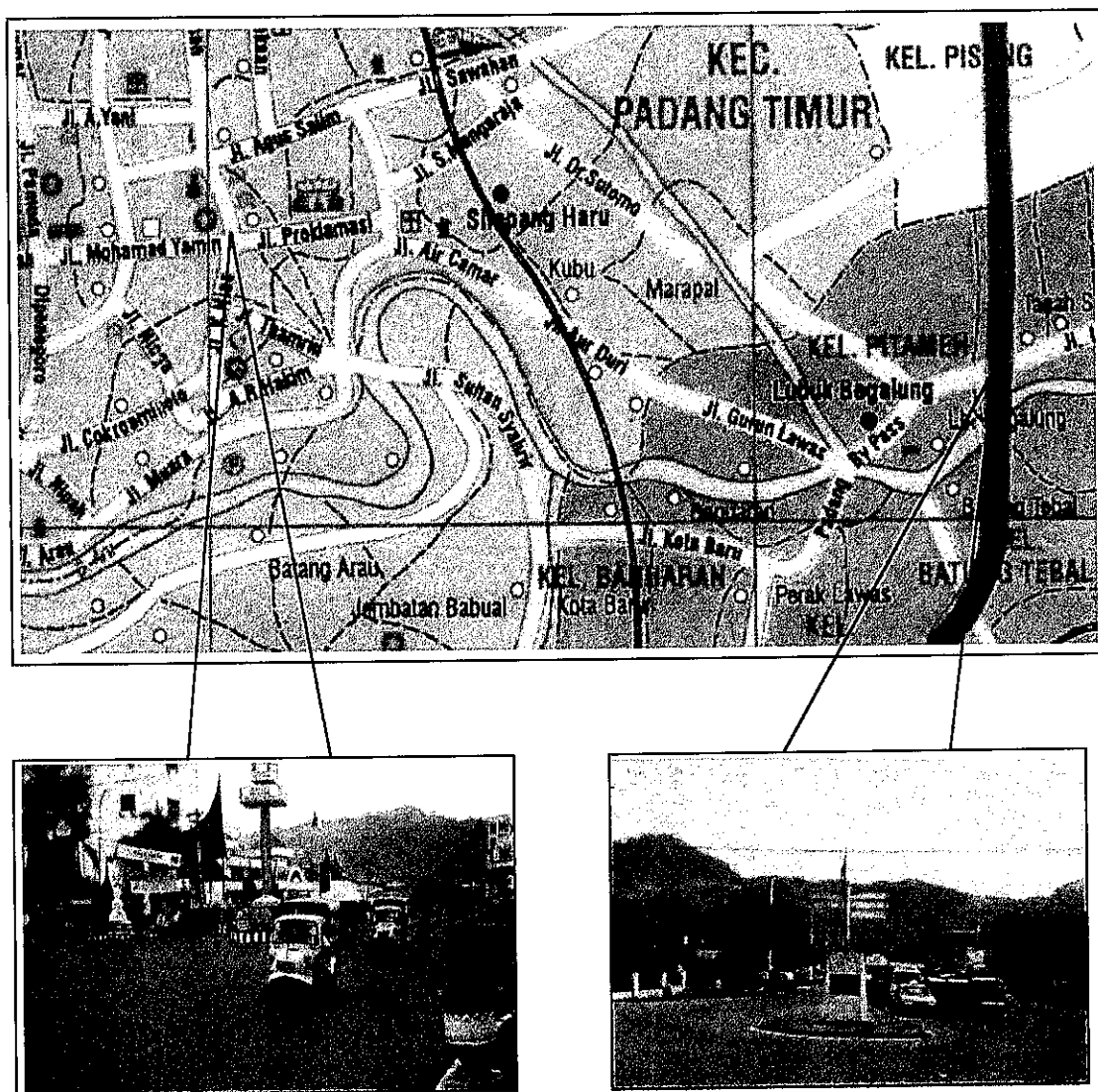
Untuk lokasi penelitian diambil pada persimpangan Bagindo Aziz Chan dengan pertimbangan mempunyai lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) tinggi, dengan kondisi perkerasan jalan yang baik dan lalu lintas persimpangan sering dalam kondisi antri. Selain itu juga memperhatikan sejarah perkembangan jalan dan fungsi jalan serta pengambilan data pada perempatan jalan yang berlampu lalu lintas, memenuhi syarat untuk dilakukan pengambilan sampel data.

Sedang untuk lokasi kedua adalah persimpangan Lubuk Begalung dengan pertimbangan bahwa mempunyai rata-rata LHR sedang dengan kondisi perkerasan jalan keadaan baik.

Lokasi penelitian ditetapkan dengan mempertimbangkan faktor-faktor dengan kriteria :

1. Jalan Bgd. Aziz Chan – Jend. Sudirman, lalu lintas harian tinggi dan berada didalam kota dengan penggunaan lahan yang beragam.
2. Jalan Marapalam – Indarung, lalu lintas harian sedang dan berada dalam kota dan sejarah jalan pengalihan untuk lalu lintas luar kota menuju pusat pemasaran dan pengepakan/pengiriman melalui Pelabuhan.

Berikut ini gambar/ilustrasi dari kedua persimpangan yang terpilih untuk lokasi penelitian dan selanjutnya pada lokasi ini dilakukan pengambilan data kualitas udara dan lalu lintas.



Gambar 3.3 Peta Lokasi Persimpangan bagindo Aziz Chan dan Lubuk Begalung

3.4. Variabel Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan dengan mengambil titik reseptor yang ditempatkan di hilir jalan dari persimpangan yang ditinjau. Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas dan tidak bebas, yaitu :

1. Variabel bebas (variabel yang mempengaruhi) adalah waktu penelitian dan Volume kendaraan pada lokasi ruas jalan/persimpangan.
2. Variabel tidak bebas (variabel yang dipengaruhi) adalah meliputi parameter konsentrasi CO, NOx dan partikulat (PM¹⁰).

Alasan dari pengambilan parameter CO, NOx dan PM¹⁰

1. Sebagaimana telah diketahui bahwa sumber pencemar yang terbesar memberi kontribusi pada turunnya kualitas udara adalah transportasi. Sedang transportasi dalam beroperasinya menggunakan bahan bakar, kalau mesin kendaraan berproses tidak mampu terbakar sempurna, maka akan timbul emisi. Emisi yang dikeluarkan pada saat mesin terbakar tidak sempurna antara lain adalah CO, NOx dan Partikulat.
2. Telah diketahui juga bahwa hasil emisi yang dikeluarkan akan terakumulasi di udara, yang lama kelamaan akan berakibat pula bagi kesehatan manusia, khususnya pemakai jalan.
3. Dari ke 3 (tiga) parameter yang diambil pada penelitian ini sangat besar dampaknya bagi kesehatan manusia, seperti CO kalau banyak terkandung dalam tubuh yang mengalir dalam darah, maka akibatnya sirkulasi darah akan terhambat. Sedang NOx juga disamping sebagai perusak bagi kesehatan penyebab iritasi dan pengotoran saluran pernafasan juga bagi lingkungan sekitar. Tidak kalah pentingnya Partikulat

khususnya PM^{10} yang dalam waktu lama tinggal dalam paru-paru akan menyebabkan penyakit kanker paru-paru.

3.5. Jenis dan Sumber Data

Data yang diambil meliputi data primer maupun data sekunder. Data primer adalah data yang diambil dari lokasi penelitian dan data sekitarnya yang menunjang untuk hasil penelitian. Data sekunder adalah data pendukung dari instansi terkait di Kota Padang serta data dari beberapa peneliti terdahulu. Data pendukung yang dikumpulkan dalam menunjang penelitian ini meliputi ; data arah angin, kecepatan angin, LHR dan data pendukung lainnya yang dibutuhkan.

Data untuk konsentrasi CO, NOx, PM^{10} kualitas udara diambil langsung di lapangan dibantu oleh UPTD Hiperkes Padang yang lama pengambilan 12 jam dengan interval 1 jam, pada tanggal 16 dan 17 Maret 2004, untuk LHR kendaraan yang melewati persimpangan di ambil dilapangan di bantu oleh Mahasiswa Teknik Sipil STTP Padang yang diambil meliputi volume dan komposisi lalu lintas, serta pencatatan lamanya siklus lampu lalu lintas masing-masing phase, dan waktu pengambilan data yang diambil bersamaan dengan waktu pengambilan sampel kualitas udara.

Waktu pengamatan/pengukuran dilakukan mulai dari pukul 06.00 pagi sampai dengan pukul 18.00 sore, baik untuk pengukuran kualitas udara maupun data lalu lintas.

3.6. Instrumen Penelitian

1. Materi penelitian

Penelitian dilakukan melalui studi pustaka, dilanjutkan dengan studi lapangan pengambilan data primer serta ditunjang oleh data sekunder. Data yang diambil yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Data-data yang diperlukan antara lain data volume lalu lintas kendaraan bermotor, data kualitas udara ambien di beberapa lokasi di Padang, data tentang pertumbuhan kendaraan dari tahun ke tahun, data jumlah kendaraan bermotor yang melintasi jalan-jalan di kota Padang. Data diperoleh dari kantor Biro Pusat Statistik Propinsi Sumatera Barat, DLLAJ Kota Padang, kantor Samsat atau Dipenda Propinsi Sumatera Barat dan kantor Bappedalda Propinsi Sumatera Barat.

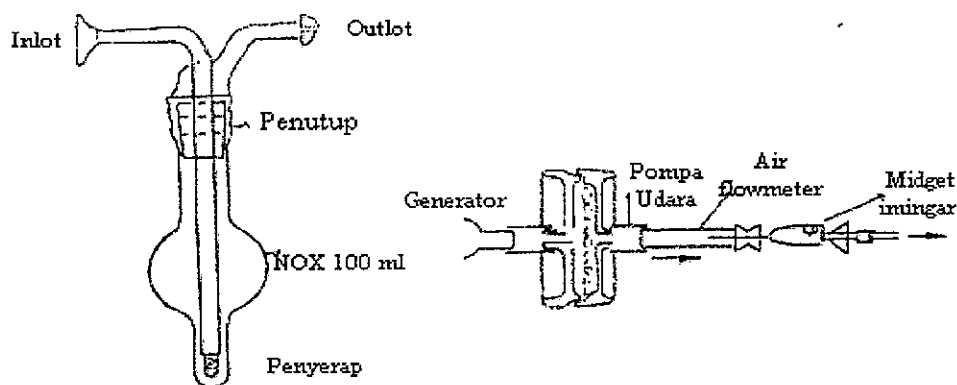
2. Metoda analisis

Metoda analisis yang digunakan dalam menganalisa contoh uji udara ambient merujuk kepada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, tentang Baku Mutu Udara Ambien Nasional.

Peralatan analisa yang digunakan dalam menganalisa contoh uji udara ambien antara lain :

3.6.1. Pengukuran Karbon Monoksida (CO)

Memakai metoda Gries-Saltzman dengan standar SNI 19-4841-1998 dengan menggunakan alat spektrofotometer



Gambar 3.4 : Rangkaian alat uji kadar CO

Cara Kerja Alat :

Penyiapan Bahan

1. Larutan penyerap Saltzman
2. Larutkan 5 gram asam sulfanilat dalam gelas piala 1 liter dengan 800 ml aquades, sebaiknya aduk campuran ini dengan *stirrer*. Setelah dingin pindahkan ke labu ukur 1 liter, lalu tambahkan 140 ml asam asetat glasial, 20 ml larutan induk NEDA dan terakhir tambahkan aquades hingga batas.

Prosedur dan urutan cara kerja alat meliputi :

1. Susun peralatan dan dipasang sedemikian rupa, sehingga siap untuk pengambilan contoh uji.
2. Masukkan larutan asam sulfat sebanyak 10 ml kemasing-masing botol penyerap (duplo). Atur dan tempatkan botol penyerap sedemikian rupa sehingga terhalang dari hujan dan terik matahari langsung. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur kecepatan alir 0,5 liter/menit, setelah stabil catat laju alir awal.

3. Pengambilan contoh uji selama 30 menit dan catat temperatur serta tekanan udara
4. Catat laju alir akhir dan kemudian matikan pompa penghisap. Analisis harus segera dilakukan paling lama 1 jam setelah pengambilan contoh uji.
5. Penghitungan dilakukan pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg dengan menggunakan rumus,

$$V = \frac{(F_1 + F_2)}{2} \times t \times \frac{Pa}{Ta} \times \frac{298}{101,3} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

V = Volume udara yang dihisap (Liter)

F1 = Laju alir awal (Lt/menit)

F2 = Laju alir akhir (Lt/menit)

t = Waktu pengambilan contoh uji (menit)

Pa = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan (kPa)

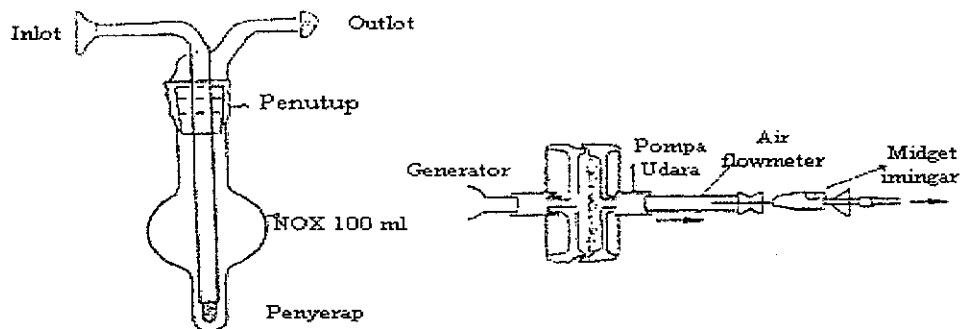
Ta = Temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji (°K)

298 = Temperatur pada kondisi normal 25°C atau 298°K

101,3 = Tekanan pada kondisi normal 1 atm (kPa)

3.6.2 Pengukuran Nitrogen Oksida (NOx)

Memakai metoda Gries-Saltzman dengan standar SNI 19-4841-1998 dengan menggunakan alat spektrofotometer



Gambar 3.5 : Rangkaian alat uji kadar NOx

Cara Kerja Alat :

Penyiapan Bahan

1. Larutan penyerap Saltzman
2. Larutkan 5 gram asam sulfanilat dalam gelas piala 1 liter dengan 800 ml aquades, sebaiknya aduk campuran ini dengan *stirrer*. Setelah dingin pindahkan ke labu ukur 1 liter, lalu tambahkan 140 ml asam asetat glasial, 20 ml larutan induk NEDA dan terakhir tambahkan aquades hingga batas.

Prosedur dan urutan cara kerja alat meliputi :

3. Susun peralatan dan dipasang sedemikian rupa, sehingga siap untuk pengambilan contoh uji.
4. Masukkan larutan asam sulfat sebanyak 10 ml kemasing-masing botol penyerap (duplo). Atur dan tempatkan botol penyerap sedemikian rupa sehingga terhalang dari hujan dan terik matahari langsung. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur kecepatan alir 0,5 liter/menit, setelah stabil catat laju alir awal.

5. Pengambilan contoh uji selama 30 menit dan catat temperatur serta tekanan udara
6. Catat laju alir akhir dan kemudian matikan pompa penghisap. Analisis harus segera dilakukan paling lama 1 jam setelah pengambilan contoh uji.
7. Penghitungan dilakukan pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg dengan menggunakan rumus,

$$V = \frac{(F_1 + F_2)}{2} \times t \times \frac{Pa}{Ta} \times \frac{298}{101,3} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

V = Volume udara yang dihisap (Liter)

F1 = Laju alir awal (Lt/menit)

F2 = Laju alir akhir (Lt/menit)

t = Waktu pengambilan contoh uji (menit)

Pa = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan (kPa)

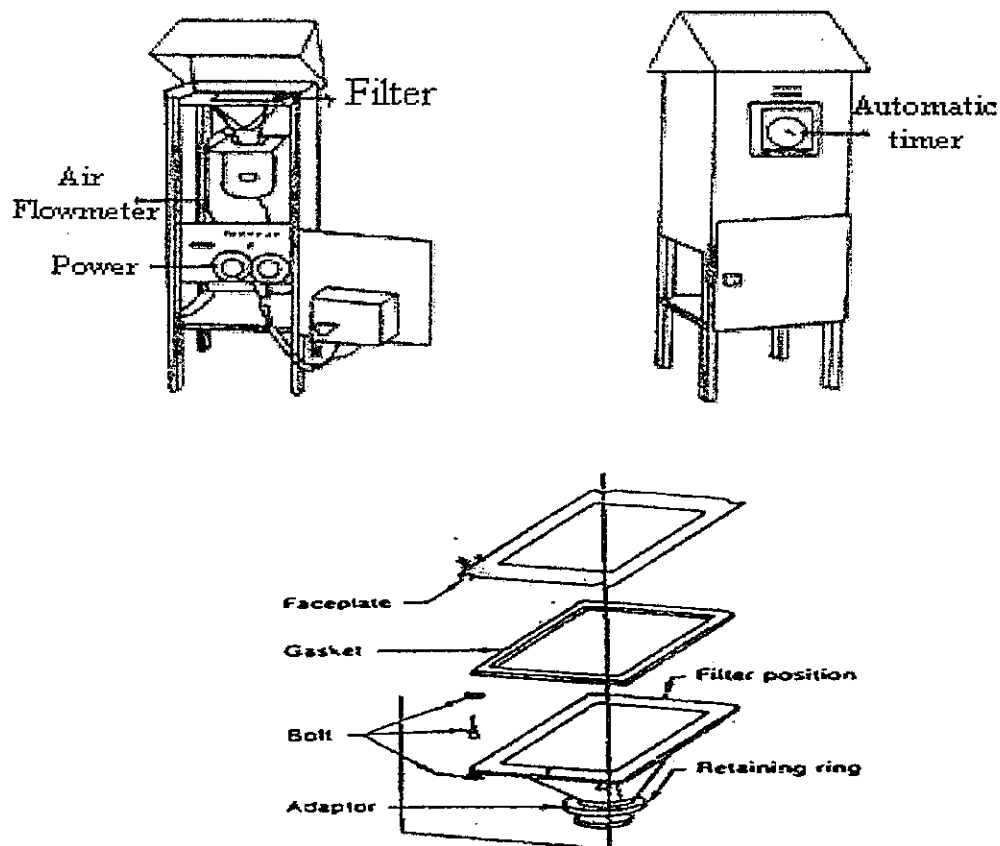
Ta = Temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji (°K)

298 = Temperatur pada kondisi normal 25°C atau 298°K

101,3 = Tekanan pada kondisi normal 1 atm (kPa)

3.6.3. Pengukuran Partikulat

Memakai metoda secara Gravimetri dengan standar SNI 19-4840-1998 dengan menggunakan High Volume Air Sampler (HVS).



Gambar 3.6 : Rangkaian alat Pengujian Kadar Partikel
High Volume Air Sampler (HVS)

Cara Kerja Alat :

Penyiapan bahan dan prosedur kerja :

1. Sediakan filter berukuran 20 x 25 cm terbuat dari fiber glass dan mampu menangkap partikulat tersuspensi dengan efisiensi 99% untuk partikulat berdiameter 3 μ .
2. Masukkan filter kedalam desikator atau ruangan yang mempunyai kelembaban konstan \pm 50%, untuk dikondisikan selama paling sedikit 24 jam.
3. Timbang filter sampai diperoleh berat tetap (W_1 , gram)

4. Filter dipasang dengan hati-hati pada alat HVS
5. Hidupkan motor pompa penghisap dan laju alir diatur dengan penghisapan 1,1 – 1,7 M³/menit, catat laju alir penghisap udara setelah alat berjalan ± 5 menit (F_1 , M³/menit)
6. Setelah 1jam alat beroperasi, catat laju alir penghisapan udara (F_2 , M³/menit) dan kemudian motor pompa penghisap dimatikan
7. Ambil filter dari alat High Volume Air Sampler dan simpan dalam desikator atau ruang atau ruang dengan kelembaban konstan $\pm 50\%$ selama paling sedikit 24 jam.
8. Timbang filter sampai diperoleh berat tetap (W_2 , gram)
9. Penghitungan dilakukan pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg dengan memakai rumus :

$$V = \frac{(F_1 + F_2)}{2} \times t \times \frac{Pa}{Ta} \times \frac{298}{101,3} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

V = Volume udara yang dihisap (Liter)

F1 = Laju alir awal (Lt/menit)

F2 = Laju alir akhir (Lt/menit)

t = Waktu pengambilan contoh uji (menit)

Pa = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan (kPa)

Ta = Temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji (°K)

298 = Temperatur pada kondisi normal 25°C atau 298°K

101,3 = Tekanan pada kondisi normal 1 atm (kPa)

lapangan cukup baik dan membantu dalam mencapai hasil penelitian, supaya tidak mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat.

Sehubungan dengan itu, maka untuk perhitungan kendaraan lalu lintas di butuhkan peralatan antara lain :

1. Counter, untuk menghitung volume lalu lintas
2. Stop watch, untuk menghitung siklus lampu lalu lintas selama pengamatan
3. Formulir survey, digunakan untuk mencatat volume kendaraan, untuk antrian dll
4. Alat tulis, membantu dalam pemindahan data
5. Komputer, untuk pengolahan data yang telah didapat
6. *Printer*, untuk mencetak dan melihat hasil olahan data

2. Cara Kerja Penghitungan Volume Kendaraan dan Sinyal lampu lalu lintas:

Dalam pengambilan data lapangan volume kendaraan lalu lintas pada persimpangan dilakukan dengan cara manual, dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Persiapkan personil serta alat yang dibutuhkan, dengan aturan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan teknik pengambilan data dipersimpangan dengan syarat pandangan jelas, dan tempat yang aman.

Personil yang diperlukan untuk satu kaki persimpangan adalah 4 (empat) orang pengamat untuk melakukan pengamatan, ada yang bertugas mencatat kendaraan yang belok kiri saja, belok kanan, atau kendaraan yang lurus sesuai dengan jenis kendaraan, serta mencatat siklus lampu lalu lintas pada interval waktu lampu merah sampai lampu merah berikutnya.

- b. Personil yang mencatat/menghitung sesuai juga dengan ketentuan perhitungan dilakukan pada setiap kendaraan menurut jenisnya dengan interval 15 menit.
- c. Perhitungan siklus dilakukan pada setiap sinyal adalah 15 menit, periode pengamatan dibagi dalam interval waktu 5 menit.
- d. Perhitungan dipindahkan hasilnya kedalam formulir
- e. Pencatatan data dilakukan secara terpisah untuk masing-masing arah pada satu kaki persimpangan dan pengamatan diulang secara terus menerus selama periode pengamatan, cara yang sama juga dilakukan untuk kaki persimpangan yang lain.

3. Analisis Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)

Hasil rekapitulasi dari volume kendaraan yang didapat dari setiap kaki persimpangan yang telah dipisahkan menurut pendekatan terlindung (*protective*) atau terlawan (*opposed*) dan dikalikan dengan faktor emp menurut jenis kendaraannya. Semua dikalikan dengan faktor-faktor yang lain sesuai dengan MKJI 1997, merupakan bahan analisis untuk kapasitas persimpangan jalan dan penentuan tingkat pelayanan.

Dalam menentukan kapasitas persimpangan dan derajat kejenuhan setelah ditentukan tipe pendekatan, setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e , nilai arus jenuh dasar (S_o), faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio phase (PR), waktu siklus pra penyesuaian dan waktu siklus disesuaikan (c), dan waktu hijau (g) sehingga kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Nilai arus jenuh disesuaikan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = S_o \times FCS \times FSF \times FG \times F_p \times FRT \times FLT \quad \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan :

S = Kapasitas (smp/jam)

S_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FCS = Faktor penyesuaian ukuran kota

FSF = Faktor penyesuaian hambatan samping

FG = Faktor penyesuaian gradien (kelandaian)

FRT = Faktor penyesuaian belok kanan

FLT = Faktor penyesuaian belok kiri

Fungsi utama dari lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan lain untuk bergerak. Akibat dari pergerakan arus kendaraan yang berhenti akan menimbulkan tundaan bagi arus kendaraan dibelakangnya, tetapi tundaan tersebut akan diimbangi dengan peingkatan kecepatan kendaraan-kendaraan yang bergerak melalui adanya pengurangan konflik. Dengan demikian tujuan pemakaian lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi tundaan dan panjang antrian sehingga dapat meningkatkan kapasitas persimpangan.

Tundaan pada suatu persimpangan dapat terjadi karena 2 hal :

- Tundaan Lalu Lintas (DT)]

Adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang

- Tundaan Geometri (DG)

Adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan saat membelok pada sustu simpang dan/atau berhenti karena lampu merah.

3.7. Teknik Pengambilan Data

Salah satu hal yang sangat penting diperhatikan agar tercapainya tujuan yang diharapkan dalam suatu penelitian adalah proses pengambilan data. Keadaan data yang diinginkan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sangat tergantung pada teknik pengambilan datanya. Pada saat pengambilan data yang dilakukan pada titik/lokasi yang telah ditentukan dipersimpangan, biasanya penentuan titik pengambilan ditempat atau lokasi yang mudah dilakukan. Pengukuran dilakukan pada saat bersamaan antara pengukuran kualitas udara dan antrian yang terjadi di persimpangan dalam satu hari.

Sampel udara yang akan diambil melalui reseptor dilakukan pada persimpangan dengan mempertimbangkan tempat yang paling representatif dalam sebaran polutan CO, NOx dan partikulat (PM¹⁰) yang terjadi pada saat terjadi antrian pada persimpangan tersebut.

1. Pengukuran parameter lalu lintas meliputi :

- Waktu siklus lampu lalu lintas, yaitu dengan mencatat lamanya waktu lampu hijau, lampu kuning dan merah, atau dengan menjumlahkan lamanya waktu lampu hijau dan kuning dari setiap phase pergantian aliran lalu lintas.

- Volume kendaraan dinyatakan sebagai jumlah kendaraan setiap jamnya; lamanya pengamatan yaitu satu jam dengan interval lima belas menit. Penghitungan kendaraan dilakukan pada kendaraan yang melewati setiap kaki persimpangan. Setiap kaki persimpangan dilakukan oleh 4 (empat) orang pengamat. Masing-masing pengamat bertugas mencatat kendaraan yang belok kiri, belok kanan serta lurus dan satu lagi mencatat siklus lampu lalu lintas pada setiap phase. Rata-rata jumlah total dari kendaraan yang lewat pada setiap jalur pemberhentian di perempatan jalan.
- Pada pengambilan waktu siklus dan waktu sinyal tiap simpang dihitung dengan menggunakan stop watch sebanyak 2 (dua) buah yang dipegang oleh satu orang dengan prosedur :
 - Stopwatch A mulai dinyalakan untuk menghitung waktu satu siklus yaitu urutan lengkap dari indikasi sinyal (contoh : waktu antara dua saat permulaan merah yang berurutan pada satu pendekat yang sama)
 - Stopwatch B dinyalakan untuk menghitung lamanya waktu masing-masing sinyal menyala, yaitu : merah, kuning dan hijau.

Prosedur tersebut diulangi untuk masing-masing kaki persimpangan (pendekat).

2. Pengukuran Parameter Polutan meliputi :

Untuk pengambilan semua jenis polutan seperti CO, NO_x dan partikulat (PM¹⁰) sesuai dengan metoda pengukuran yang dipakai dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Arah dan kecepatan angin dititik reseptor/alat ukur
- Temperatur, kecepatan dan arah angin serta kondisi cuaca selama pengambilan data
- Konsentrasi polutan gas CO, NOx dan partikulat pada lokasi yang ditentukan.

3.8. Teknik Analisa Data

Data yang didapat dari lokasi pengambilan di persimpangan sesuai dengan kebutuhan, maka dilakukan analisa dengan menggunakan Model. Model yang dipakai adalah gabungan antara model emisi dan model Gaussian. Untuk kasus dalam tulisan ini, variabel bebas diwakili oleh jumlah kendaraan bermotor dan variabel tidak bebas adalah nilai konsentrasi polutan ambien.

Model Emisi, merupakan pendekatan untuk menggambarkan mode pergerakan kendaraan di persimpangan yang berlampu lalu lintas melalui estimasi panjang antrian rata-rata waktu *idle* pada masing-masing jalur persimpangan yang mempengaruhi besarnya laju emisi kendaraan

Model Gaussian, merupakan model yang digunakan untuk memprediksi jumlah konsentrasi polutan yang terjadi pada jalan raya sebagai sumber polutan garis, dengan batasan-batasan sebagai berikut :

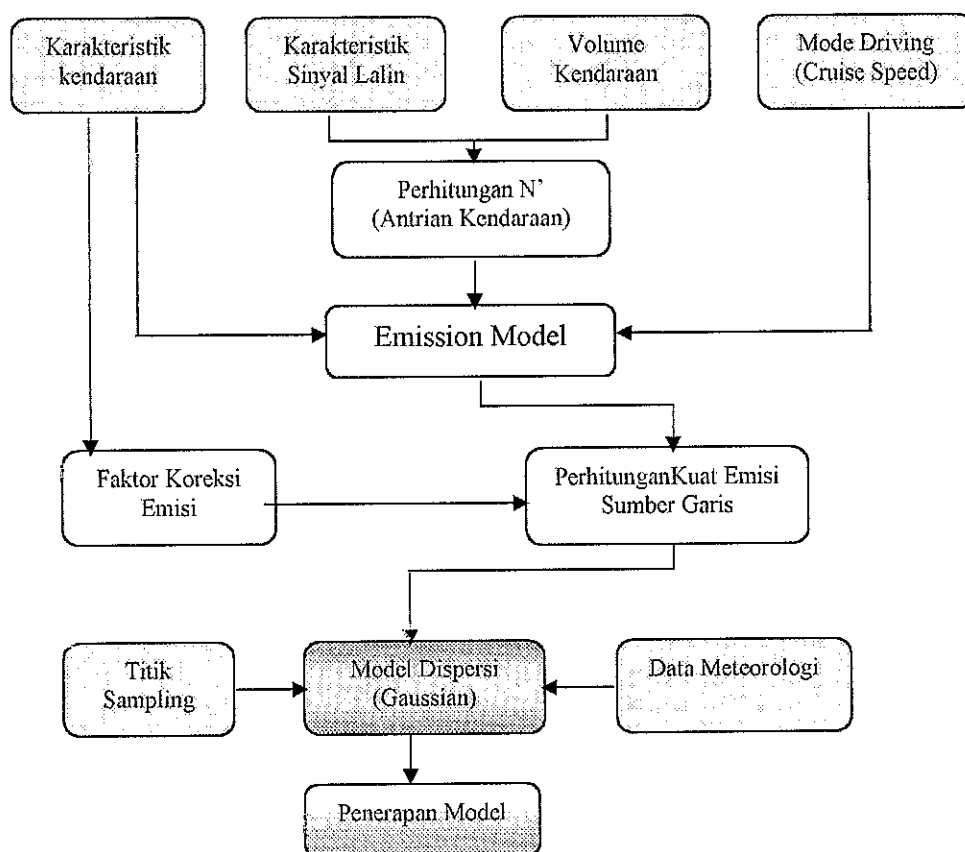
1. Dispersi Gaussian (normal) polutan dalam arah horizontal dan vertikal tegak lurus terhadap arah angin
2. Angin berhembus dalam medan yang uniform, tanpa terjadi geseran angin vertikal atau gaya eddies aerodinamik dari kekasaran permukaan yang tidak merata

3. Tidak terjadi pembentukan polutan *inert* akibat kondisi elevasi inversi pada prediksi kualitas udara skala mikro
4. Tidak terjadi reaksi kimia atau pengendapan secara gravitasi yang mempengaruhi polutan selama metode analisis
5. Kendaraan sebagai sumber garis merupakan sumber emisi yang kontiniu dan konstan
6. Dispersi polutan yang terjadi secara vertikal dan horizontal di dalam *mixing cell* adalah dua kali tinggi rata-rata kendaraan (atau 4 meter) dan merupakan fungsi dari lebar jalan raya
7. Polutan secara uniform didistribusikan melalui daerah *mixing cell* tanpa memperhatikan kondisi stabilitas atmosfer permukaan
8. Pemantulan plume terjadi secara sempurna saat plume berbenturan dengan permukaan tanah
9. Sebuah sumber garis dengan lebar W dapat diaproksimasikan sebagai sumber area bujur sangkar secara seri dengan sisi W , di mana perubahannya dapat diaproksimasikan sebagai sumber titik semu
10. Segmen jalan yang berhingga (*finite*) dapat diaproksimasikan sebagai persamaan sumber garis tak berhingga (*infinite*)
11. Klas stabilitas Pasquill dan parameter dispersi yang dimodifikasi cukup menggambarkan turbulensi atmosfer
12. Prediksi hanya dibuat terhadap tingkatan ambien

Untuk menguji kompatibilitas dari dua model yang diterapkan dalam mengubah parameter lalu lintas dan meteorologi ke dalam konsentrasi Karbon Monoksida, Nitrogen

Oksida dan PM^{10} , konsentrasi hasil perkiraan tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran Karbon Monoksida, Nitrogen Oksida dan PM^{10} di persimpangan jalan.

Adapun tahap pengujian model dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.8 Tahapan Langkah Pengerjaan Model

Kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan harga parameter pada persamaan untuk parameter Difusi vertikal, dengan metode iterasi sehingga memberikan nilai yang mendekati persamaan asalnya. Metode iterasi dilakukan berulang-ulang hingga didapat harga nilai E (rata-rata nilai persentase kesalahan perhitungan terhadap pengukuran) terkecil, dengan cara menaikkan atau menurunkan harga parameter.

Kalibrasi dilakukan pada kondisi atmosfer netral (klas D) dengan menggunakan data pengukuran pada tanggal 16 Maret 2004 di titik reseptor persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan. Parameter hasil kalibrasi kemudian diuji atau divalidasi dengan menggunakan data yang berbeda dengan data yang digunakan untuk kalibrasi. Validasi dilakukan dengan menghitung nilai E, simpangan baku dan koefisien korelasi antara hasil perhitungan dan data hasil pengukuran.

Adapun persamaan yang digunakan untuk pengujian dalam kalibrasi dan validasi adalah sebagai berikut :

a. Nilai E (*Error*)

$$E (\%) = \left(\frac{a-b}{a} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (17)$$

Dengan :

a = data pengukuran

b = data perhitungan

b. Simpangan Baku

$$S_B = \sqrt{\frac{(n \sum d^2 - (\sum d)^2)}{n(n-1)}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

Dengan :

S_B = Simpangan baku

d = $X_c - X_m$

X_c = data perhitungan

X_m = data pengukuran

X_{mr} = rata-rata data pengukuran

n = jumlah data

c. Koefisien Korelasi

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\left\{ n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 \right\} \left\{ n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 \right\}}^{1/2} \dots\dots\dots (19)$$

Dengan :

X_i = Data pengukuran ke I

Y_i = Data perhitungan ke I

n = Jumlah data

Metode yang digunakan untuk menganalisa gas NO_x adalah memakai metode standar SNI 19-4841-1998 dengan menggunakan alat spektrofotometer, untuk kadar partikel debu SNI 19-4840-1998 dengan menggunakan High Volume Air Sampler (HVS) sedangkan untuk pengukuran kadar gas CO, karena alat yang dimiliki UPTD Hiperkes tidak ada sesuai dengan standar SNI 19-4845-1998 dengan menggunakan metoda NDIR, maka digunakan alat dengan metoda spektrofotometer.

Setelah pengambilan contoh uji lapangan sesuai dengan metoda yang digunakan untuk parameter CO, NO_x dan partikulat, maka setelah itu dilakukan pengujian analisa secara laboratorium oleh UPTD Hiperkes Padang. Dalam menganalisanya juga menggunakan prosedur yang berlaku dengan rumusan yang telah ditetapkan.

3.9 Hipotesis

Dari uraian di depan, maka disusun hipotesis sebagai berikut :

“Dengan makin meningkatnya pertumbuhan kendaraan dari tahun ke tahun di kota Padang yang menyebabkan kemacetan, dan pada persimpangan menyebabkan antrian diperkirakan terjadi penurunan kualitas udara ambien di kota Padang akibat gas buang (emisi) kendaraan bermotor”

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Rona Lingkungan Daerah Penelitian

A. Keadaan Geografis

Padang sebagai ibukota propinsi Sumatera Barat, letaknya di pantai barat Pulau Sumatera, yaitu pada posisi $00^{\circ}44'00''$ sampai dengan $01^{\circ}08'35''$ Lintang Selatan serta $100^{\circ}05'05''$ sampai dengan $100^{\circ}34'09''$ Bujur Timur. Luas daerah seluruhnya setelah diperluas dengan Peraturan Daerah Nomor 17 tahun 1980 adalah $694,96 \text{ km}^2$.

Kota Padang letaknya berbatasan dengan 3 (tiga) daerah kabupaten dan satu samudera. Disebelah Utara, berbatasan dengan kabupaten Padang Pariaman, disebelah Selatan dengan kabupaten Pesisir Selatan, disebelah Timur dengan kabupaten Solok, sedangkan disebelah Barat dengan Samudera Indonesia.

Wilayah Kota Padang merupakan perpaduan antara dataran rendah, perbukitan serta daerah aliran sungai. Panjang pantai (diluar pulau-pulau kecil) sepanjang 68,126 km dengan kelilingnya 165,188 km. Kota Padang juga dialiri oleh 21 sungai dan terdapat 17 pulau kecil. Dengan kondisi wilayah Kota Padang yang demikian, menyebabkan curah hujan di Kota Padang cukup tinggi.

Dalam tahun 2002, curah hujan di Kota Padang sebesar 4.598 mm, dengan rata-rata 383,17 mm dan rata-rata hari hujan 16 hari perbulan. Temperatur cukup tinggi, yaitu antara $23^{\circ} - 32^{\circ}\text{C}$ pada siang hari. Sedangkan pada malam hari berkisar

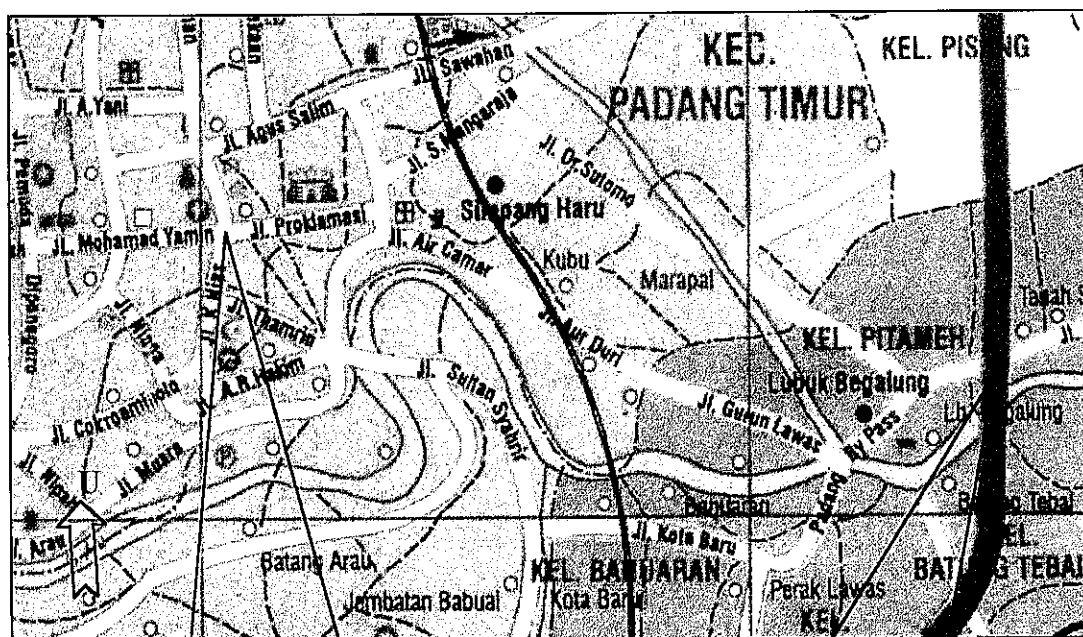
antara $22^{\circ} - 28^{\circ}\text{C}$. Kelembaban udara berkisar 78 – 81 dengan kecepatan angin rata-rata antara 5 – 6 knot. Kecepatan angin tertinggi ditemui pada bulan Januari 2002 yaitu sebesar 20 knot.

B. Jumlah dan Kepadatan Penduduk

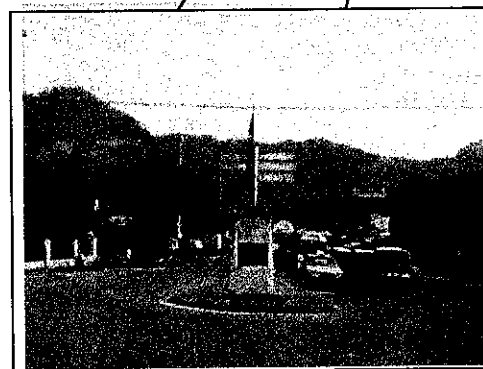
Jumlah penduduk Kota Padang menurut hasil sensus penduduk, berdasarkan data Statistik tahun 2002, sebesar 734.421 jiwa, sedangkan laju pertumbuhan penduduk mencapai angka 1,21% pertahun. Kota Padang mempunyai 11 kecamatan dan 193 kelurahan, dengan kepadatan penduduk tertinggi terfokus pada Kecamatan Padang Timur sebesar 10.189 jiwa per Km^2 .

C. Lokasi Sampling

Pengambilan dan pengukuran kualitas udara dan data lalu lintas dilakukan pada persimpangan jalan yang berlampu lalu lintas di kota Padang, yang mewakili masing-masing kepadatan lalu lintas tinggi, dan sedang. Adapun lokasi penelitian dilakukan pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan Persimpangan jalan Lubuk Begalung sebagai berikut :



Persimpangan Bagindo Aziz Chan



Persimpangan Lubuk Begalung

Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian untuk Kedua Persimpangan

1. Kepadatan lalu lintas tinggi diwakili oleh persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan.

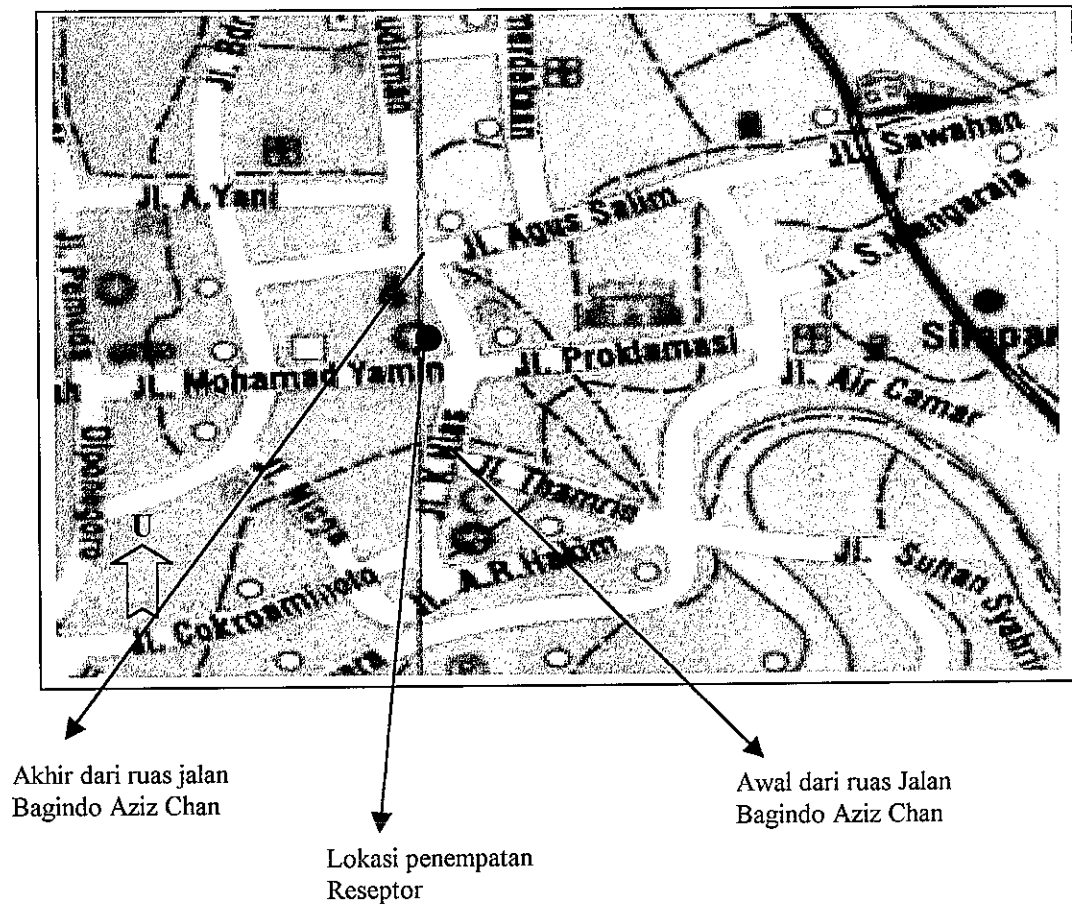
Perempatan tersebut terbagi atas 3 (tiga) phase lampu hijau dalam satu siklus, yaitu :

Phase I : dari ruas jalan Bagindo Aziz Chan Utara

Phase II : dari ruas jalan Bagindo Aziz Chan Selatan

Phase III : dari kedua ruas jalan Proklamasi dan M. Yamin, SH

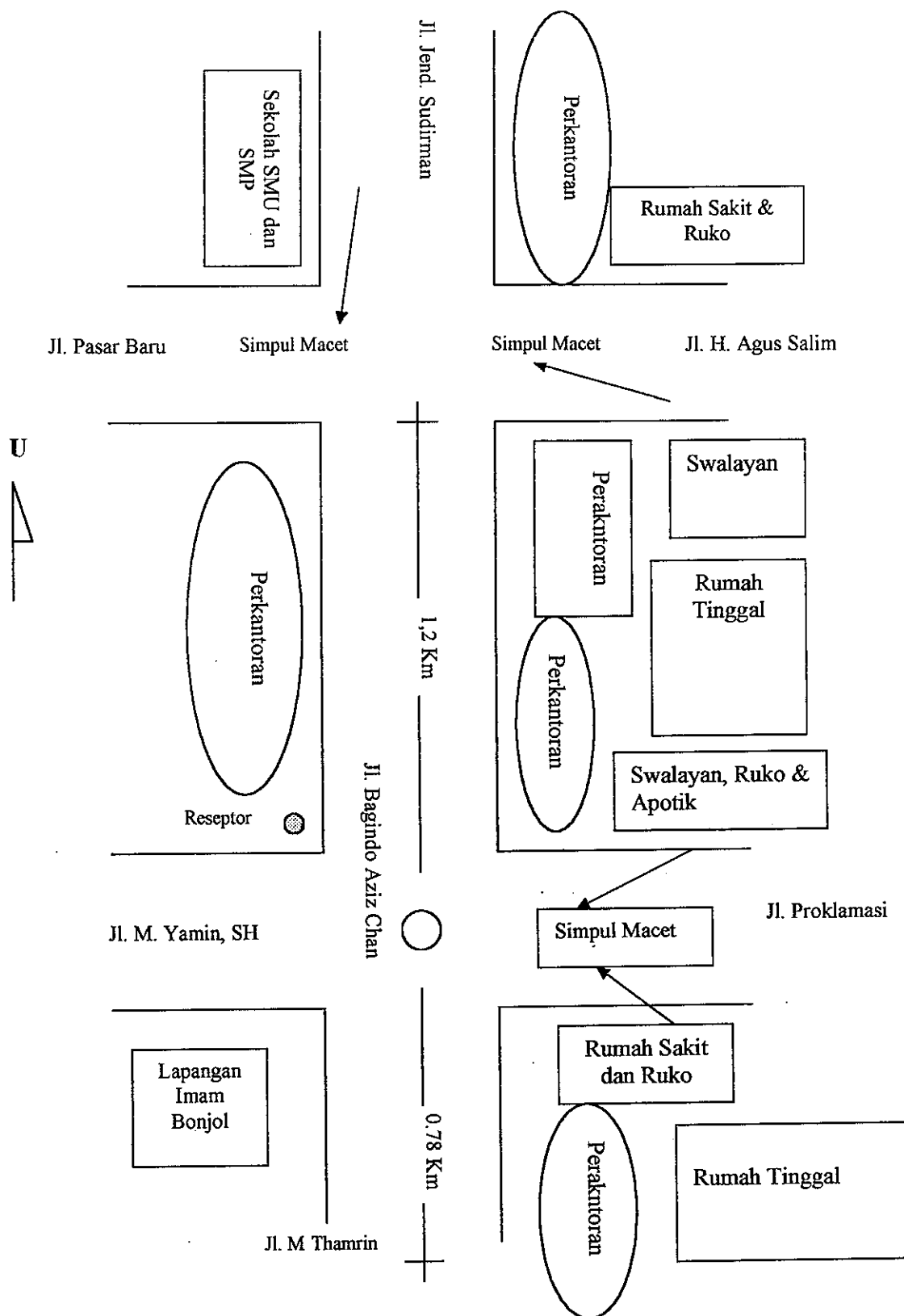
Pengukuran dilakukan pada 1 (satu) titik pada ruas jalan Bagindo Aziz Chan sebelum perempatan yaitu di depan kantor Pos Padang.



Gambar 4.2 Lokasi Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan



Gambar 4.3 Suasana Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan



Gambar 4.4 Sketsa Lokasi Persimpangan Bagindo Aziz Chan

Ruas jalan Bagindo Aziz Chan dengan panjang ruas 1.98 Km, sebelah Utara dibatasi oleh persimpangan jalan Jenderal Sudirman, yang merupakan persimpangan yang menampung ruas jalan H. Agus Salim dan ruas jalan Pasar Baru dan berakhir pada pertigaan jalan M.H Thamrin. Pemakaian ruas jalan ini terdiri dari 2 jalur 4 lajur dan keadaan permukaan jalan dalam kondisi baik demikian juga halnya dengan jalur pejalan kaki dan lebar jalur lalu lintas 16 meter, tidak adanya terdapat pohon pelindung.

2. Kepadatan lalu lintas sedang diwakili oleh perempatan Jalan Lubuk Begalung

Perempatan tersebut terbagi atas 3 (tiga) phase lampu hijau dalam satu siklus, yaitu :

Phase I : dari ruas jalan Marapalam

Phase II : dari ruas jalan Indarung

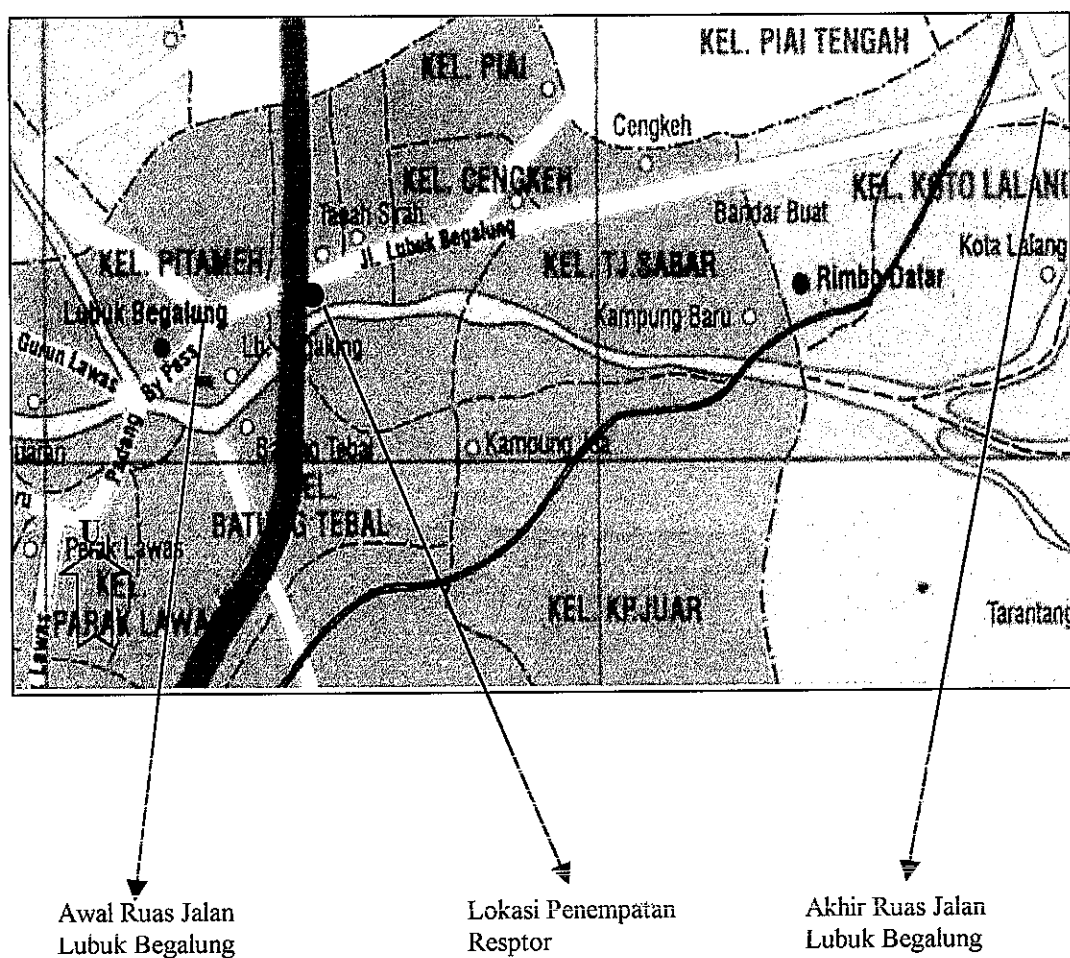
Phase III : dari kedua ruas jalan By Pass dan Lubuk Begalung

Pengukuran dilakukan pada 1 (satu) titik pada ruas jalan Lubuk Begalung

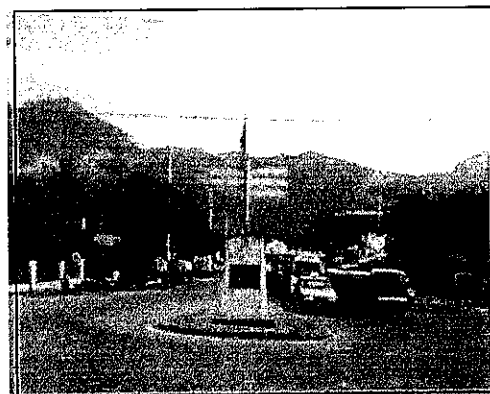
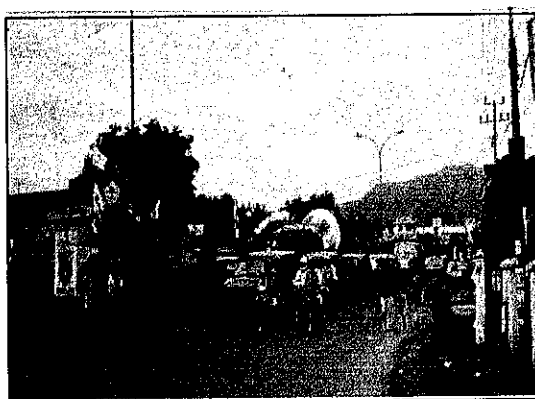
Ruas jalan Lubuk Begalung dengan ruas sepanjang 21.76 km, dimulai dari pertigaan Marapalam hingga berakhir pada pertigaan jalan Indarung ke batas kota Padang arah Timur.

Kondisi permukaan jalan dalam keadaan baik, sementara fasilitas pejalan kaki di beberapa tempat ada yang rusak dan tidak dapat dipergunakan oleh pejalan kaki.

Badan jalan untuk jalur lalu lintas selebar 16 meter, sementara tanaman peneduh jalan tidak ada.

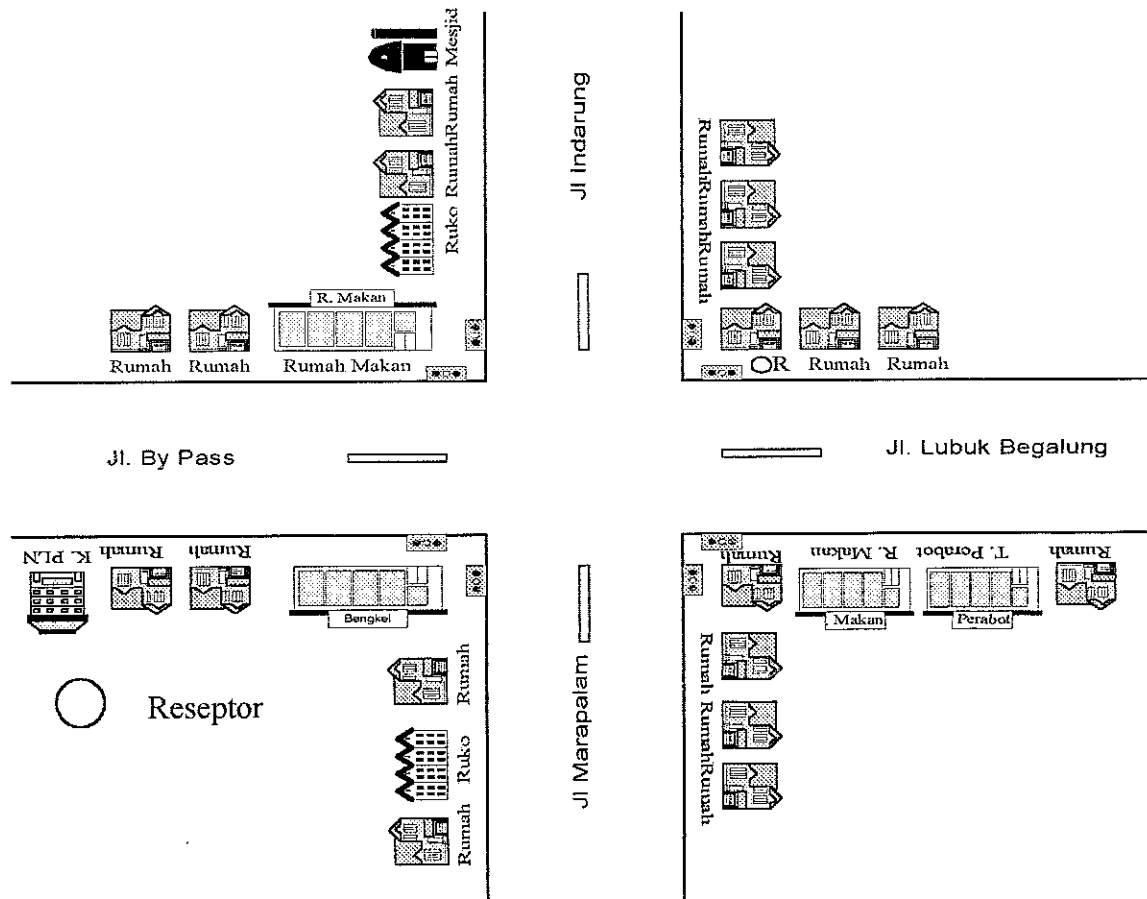


Gambar 4.5. Lokasi Persimpangan Jalan Lubuk Begalung



Gambar 4.6 Suasana Persimpangan Jalan Lubuk Begalung

- Lokasi 2 : Persimpangan Jalan Lubuk Begalung terletak dibagian timur kota Padang seperti tampak pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Lokasi Pengukuran titik 2 Persimpangan Jalan Lubuk Begalung

Pengambilan sampel dan pengukuran dilakukan mulai pukul 06.00 hingga pukul 18.00 dengan interval pengukuran setiap jam.

Data-data primer yang diperlukan untuk penelitian yaitu dengan mengukur secara langsung Kualitas ambient udara, pencatatan lama sinyal lampu merah, hijau dan kuning serta mencatat berapa phase lampu lalu lintas pada persimpangan itu serta juga pencacahan volume kendaraan lalu lintas pada tiap menurut jenis pada semua lengan persimpangan. Kedua lokasi penelitian tersebut diatas mempunyai perbedaan

antara lain, persimpangan Bagindo Aziz Chan terletak di daerah perkantoran dan perdagangan dengan volume lalu lintas padat. Jenis kendaraan yang lewat lebih banyak kendaraan pribadi, mobil angkutan penumpang, seperti angkot dan bis kota.

Sementara persimpangan jalan Lubuk Begalung didominasi oleh perumahan penduduk, walau ada juga pertokoan serta rumah makan, dan jenis kendaraan lalu lintas disini lebih bervariasi ada kendaraan pribadi, angkot, bis kota, bus, truk dan kendaraan berat.

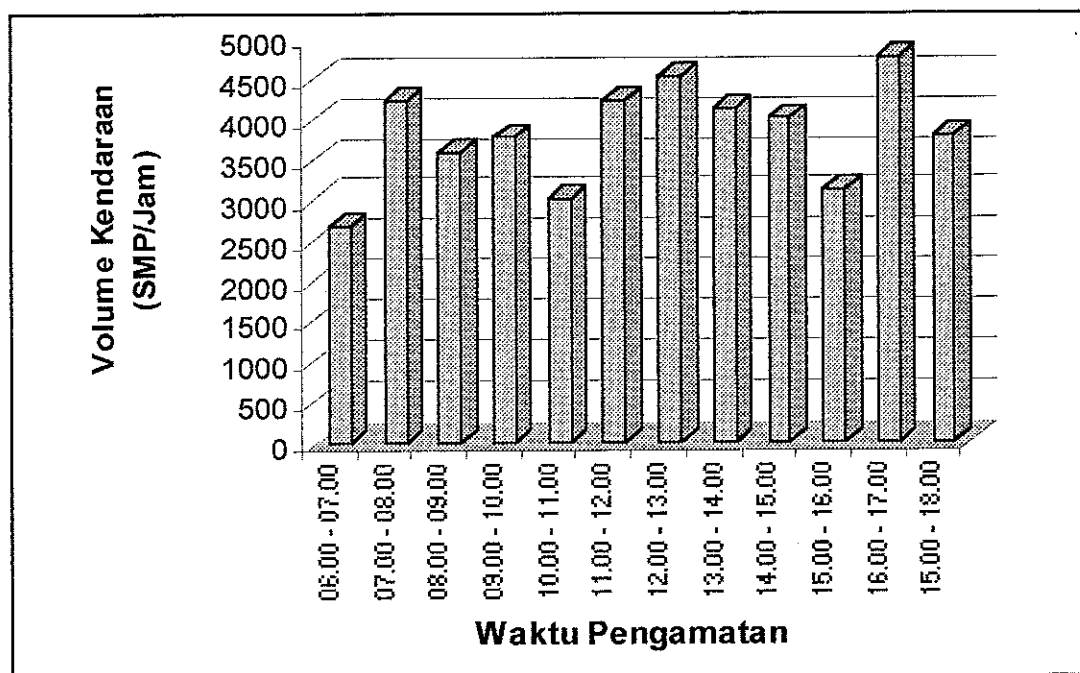
4.2 Pembahasan

Salah satu tujuan dari penelitian antara lain untuk menganalisis pengaruh kejadian antrian kendaraan bermotor dengan penambahan konsentrasi zat pencemar di persimpangan.

4.2.1 Volume lalu lintas

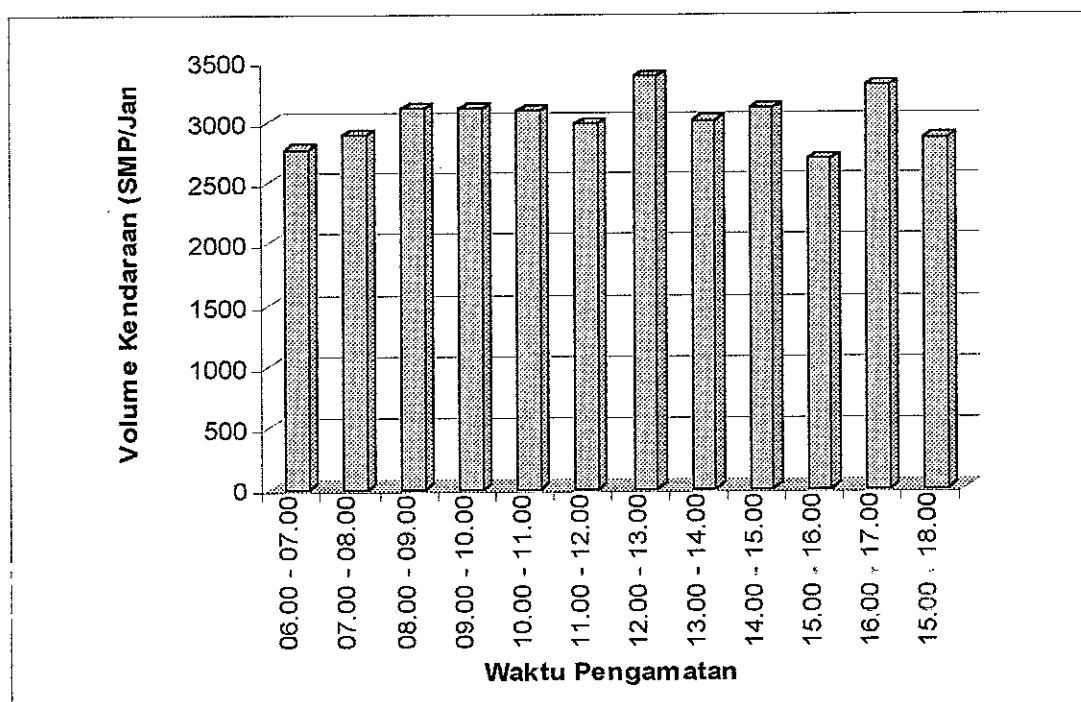
Data dari hasil pencacahan volume lalu lintas yang melewati simpang Bagindo Aziz Chan dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini :

Dari gambar dapat dilihat bahwa pencacahan volume lalu lintas yang dilakukan pada persimpangan ini nampak bervariasi sesuai dengan jam pengambilan.



Gambar 4.8 Volume Lalu Lintas simpang Bagindo Aziz Chan

Volume lalu lintas tinggi terjadi pada pukul 07.00 – 08.00 serta siang pukul 12.00 – 13.00 dengan jumlah 4.536 SMP/Jam sedang tertinggi terjadi pada sore hari pukul 16.00 – 17.00 dengan jumlah 4.768 SMP/Jam. Hal ini disebabkan karena persimpangan Bagindo Aziz Chan merupakan wilayah perkantoran dengan situasi pagi ditandai dengan jam berangkat ke kantor, sedangkan siang pada waktu istirahat yang digunakan untuk jam makan keluar dari kantor. Sedang untuk waktu sore hari adalah waktu jam bubar kantor dimana ada kesamaan jam pulang antara pelajar, karyawan serta para pedagang. Sedang Volume lalu lintas yang melewati simpang Lubuk Begalung dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini :



Gambar 4.9 Volume Lalu Lintas Simpang Lubuk Begalung

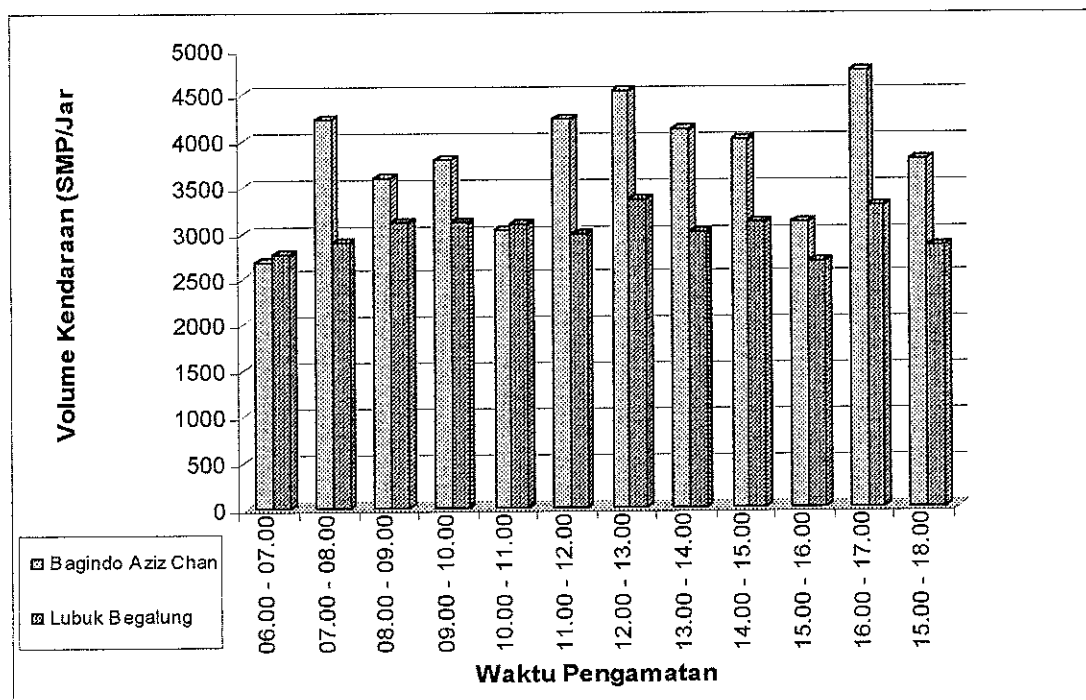
Volume tertinggi pada simpang Lubuk Begalung ini terjadi pada siang hari pukul 12.00 – 13.00 yaitu sebesar 3.365 SMP/Jam. Sesuai dengan peruntukannya karena lebih banyak perumahan dan waktu berangkat menuju kegiatan masing-masing tidak bersamaan, dan hanya nampak pada waktu siang yang mengalami kenaikan karena waktu istirahat yang bersamaan antara karyawan PT. Semen Padang dengan PT. Sumatex Subur. Persimpangan ini disamping dilewati oleh kendaraan pribadi, angkot, bis kota, bus juga merupakan jalan yang banyak dilewati oleh kendaraan berat yang membawa hasil tambang seperti batu bara dari Sawahlunto serta semen dari PT Semen Indarung yang akan diangkut menuju pelabuhan Teluk Bayur ataupun kendaraan berat yang meninggalkan pelabuhan Teluk Bayur. Sedang volume tinggi yang terjadi pada pukul 16.00 – 17.00 merupakan waktu pulang bagi karyawan kedua perusahaan

tersebut. Karena memang perumahan yang berada dilokasi tersebut adalah perumahan PT. Semen Indarung, PT. Sumatex Subur.

Terjadi perbedaan volume yang tinggi antara persimpangan Bagindo Aziz Chan dengan persimpangan Lubuk Begalung yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Volume lalu Lintas pada kedua Simpang

Waktu Pengukuran	Simpang Bagindo Aziz Chan (SMP/Jam)	Simpang Lubuk Begalung (SMP/Jam)
06.00 - 07.00	2679	2767
07.00 - 08.00	4224	2892
08.00 - 09.00	3587	3104
09.00 - 10.00	3784	3108
10.00 - 11.00	3016	3089
11.00 - 12.00	4236	2982
12.00 - 13.00	4536	3365
13.00 - 14.00	4125	3004
14.00 - 15.00	4018	3108
15.00 - 16.00	3124	2684
16.00 - 17.00	4768	3287
15.00 - 18.00	3789	2856



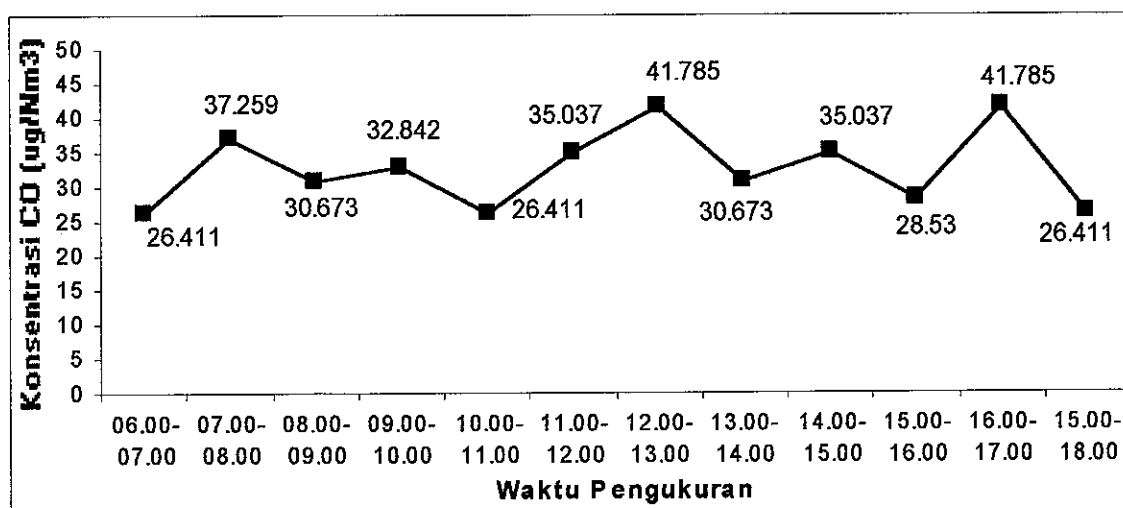
Gambar 4.10 Volume Lalu Lintas pada Simpang Bagindo A.C dan Simpang Lubeg

Dari gambar 4.10 diatas nampak perbandingan volume lalu lintas simpang Bagindo Aziz Chan periode Volume lalu lintas tertinggi terjadi pada sore hari pukul 16.00 – 17.00 dengan jumlah 4.768 SMP/Jam, kondisi ini terjadi karena pada saat itu arus masing-masing lengan Utara, Timur dan Selatan sangat padat, bertepatan dengan pulangny anak sekolah, pegawai kantor dan pedagang, maka semua kendaraan melewati simpang Bagindo Aziz Chan. Untuk simpang Lubuk Begalung tidak terjadi lonjakan volume lalu lintas, cenderung lebih bersifat stabil.

4.2.2 Polutan yang dihasilkan

A. Karbon Monoksida

Perhitungan konsentrasi CO hasil pengukuran ini dilakukan di titik sampling 1 (satu) pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan titik 2 (dua) pada persimpangan Jalan Lubuk Begalung. Berdasarkan pengambilan dan pengukuran data dilapangan, maka besarnya polutan udara ambient dapat dilihat pada gambar 4.11 dan 4.12 berikut :

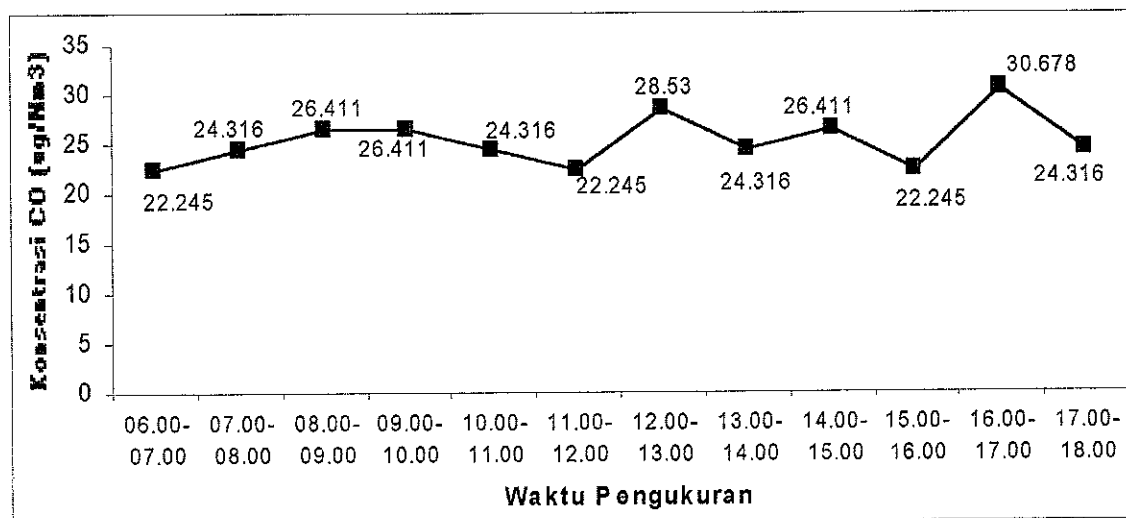


Gambar 4.11 Pengukuran Ambient CO pada persimpangan Bagindo Aziz Chan

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi CO yang didapat dari lokasi penelitian adalah berkisar antara $26,411 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ - $41,785 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan yang tertinggi terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dan pukul 16.00 – 17.00 sebesar $41,785 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedang paling rendah $26,411 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Kalau melihat dari hasil pengukuran diatas, maka analisisnya adalah sangat nampak adanya pengaruh dari pada waktu pengukuran terhadap hasil dari pengukuran konsentrasi pada suatu persimpangan.

Berkaitan dengan adanya hasil konsentrasi yang meningkat antara pukul 12.00 – 13.00 dan 16.00 – 17.00 yang berkaitan dengan jam dimana kendaraan bermotor yang antri mengalami kenaikan. Hal tersebut sehubungan dengan jam istirahat dan jam pulangny karyawan yang dominan melewati persimpangan tersebut adalah karyawan, anak sekolah dan pedagang.



Gambar 4.12 Pengukuran Ambient CO pada persimpangan Lubuk Begalung

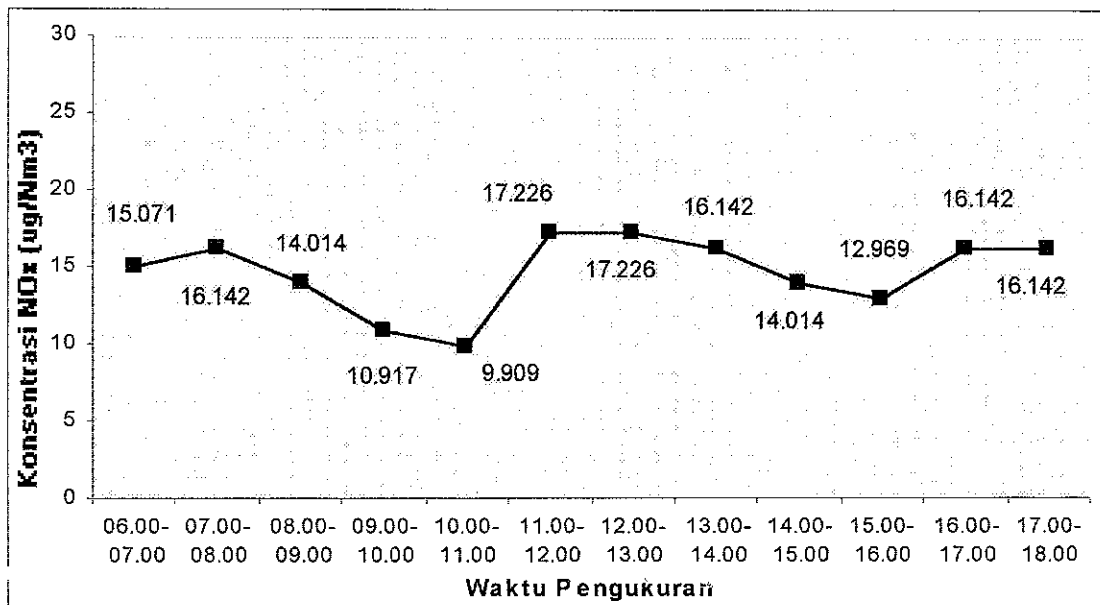
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi CO yang didapat dari lokasi penelitian adalah berkisar antara $22,245 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ – $30,678 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan yang tertinggi

terjadi pada pukul 16.00 – 17.00 sebesar $30,678 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedang paling rendah $22,245 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Pada lokasi ini jelas terlihat bahwa analisa adanya pengaruh dari waktu pengukuran, yang akan sangat mempengaruhi hasil dari pengukuran konsentrasi. Berkaitan dengan adanya hasil konsentrasi yang meningkat antara pukul 12.00 – 13.00 dan 16.00 – 17.00 yang berkaitan dengan jam dimana kendaraan yang antri mengalami kenaikan. Hal tersebut sehubungan dengan jam istirahat dan jam pulangny karyawan yang dominan melewati persimpangan tersebut adalah karyawan PT Semen Padang dan karyawan Tekstil PT. Sumatex Subur serta anak sekolah. Karena lokasi persimpangan tersebut merupakan jalan dari dan ke komplek perumahan yang banyak terdapat disekitar kelurahan Lubuk Begalung dan Lubuk Kilangan.

B. Nitrogen Oksida

Perhitungan konsentrasi NO_x hasil pengukuran ini dilakukan di titik sampling 1 (satu) pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan titik pengukuran 2 (dua) pada persimpangan Jalan Lubuk Begalung. Berdasarkan pengambilan dan pengukuran data dilapangan, maka besarnya polutan udara ambient untuk NO_x dapat dilihat pada gambar 4.13 dan 4.14 berikut :

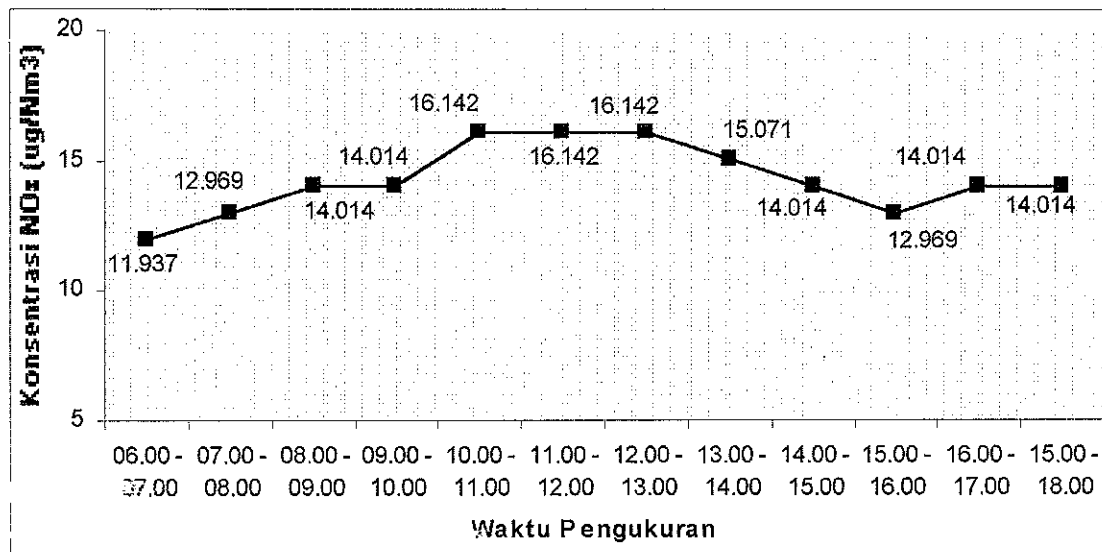


Gambar 4.13 Pengukuran Ambient NOx pada persimpangan Bagindo Aziz Chan

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi NOx yang didapat dari lokasi penelitian adalah berkisar antara $9,909 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ - $17,226 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan yang tertinggi terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dan pukul 12.00 – 13.00 sebesar $17,226 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedang paling rendah $9,909 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Dilihat dari hasil pengukuran terhadap waktu diatas, maka analisa yang penulis dapat berbeda dengan analisa dari hasil konsentrasi dari CO, yang mana pada konsentrasi NOx kejadian antrian kendaraan tidak terlalu berpengaruh dan ada keterkaitan dengan konsentrasi yang dihasilkan. Penulis menganalisa bahwa NOx adalah terjadi dari senyawa Nitrogen dan Oksigen yang bereaksi di udara, hal ini dapat terjadi karena pada saat antrian kendaraan pada keadaan *idle*, jadi suhu pembakaran tidak terlalu tinggi, karena NOx terjadi karena dipicu oleh suhu pembakaran yang tinggi pada mesin kendaraan. Jadi hasil konsentrasi NOx yang dihasilkan di persimpangan tidak terlalu signifikan dengan kejadian antrian. Konsentrasi NOx akan

tinggi bila suhu pembakaran pada mesin kendaraan juga tinggi, misalnya pada kecepatan yang tinggi, padahal kalau di persimpangan suhu pembakaran berada sedikit diatas normal. Tidak terlepas juga adanya faktor lain yang menyebabkan pemicu seperti keadaan atmosfer pada saat pengukuran berlangsung.



Gambar 4.14 Pengukuran Ambient NO_x pada persimpangan Lubuk Begalung

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi NO_x yang didapat dari lokasi penelitian adalah berkisar antara 11,937 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ - 16,142 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan yang tertinggi terjadi pada pukul 10.00 – 11.00, 11.00 – 12.00 dan pukul 12.00 – 13.00 sebesar 16,142 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedang paling rendah pada pukul 06.00 – 07.00 sebesar 11,937 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

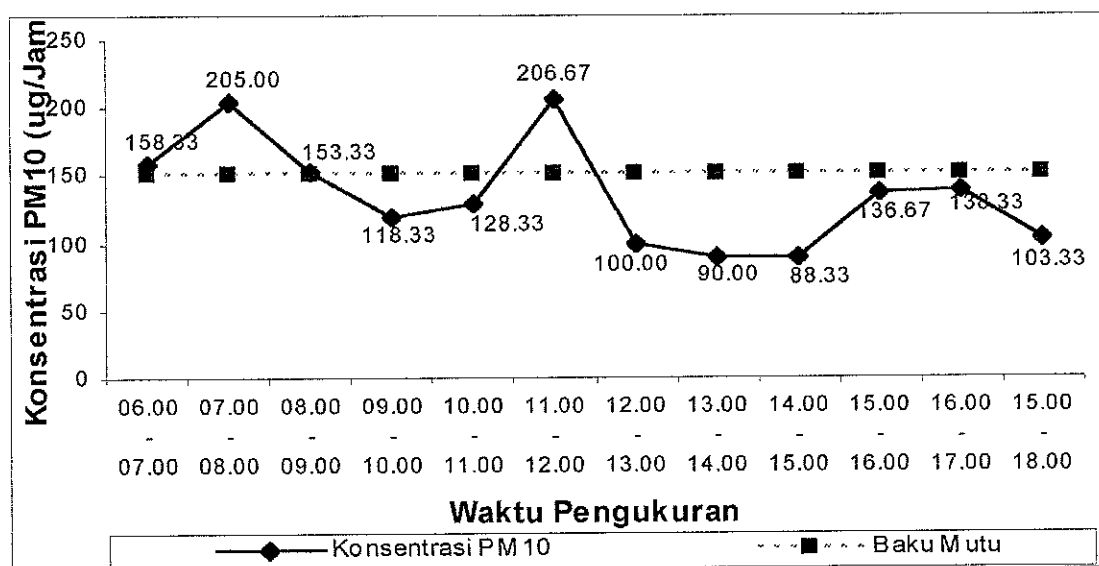
Dilihat dari hasil pengukuran terhadap waktu diatas, maka analisa yang penulis dapat adalah berbeda dengan konsentrasi CO, karena senyawa NO_x terjadi karena reaksi dari senyawa Oksigen dan Nitrogen. Jadi dari hasil analisa konsentrasi NO_x dengan kejadian antrian kendaraan ada berpengaruh walaupun diduga ada keterkaitan

dengan faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi yang dihasilkan. Dari analisa penulis hal ini disebabkan oleh faktor temperatur pembakaran pada mesin kendaraan yang antri, karena suhu pembakaran yang tinggi akan menghasilkan emisi NOx yang tinggi juga, walau ada pemicu lain seperti keadaan atmosfer pada saat pengukuran sangat mempengaruhinya. Pada waktu pukul 10.00 – 11.00, 11.00 – 12.00 dan pukul 12.00 – 13.00 mengalami kenaikan, sedang kendaraan atau antrian pada saat itu tidak begitu tinggi, tetapi konsentrasi yang dihasilkan tinggi.

C. Patikulat (PM^{10})

Perhitungan konsentrasi PM^{10} hasil pengukuran ini dilakukan di titik sampling pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan Jalan Lubuk Begalung.

Berdasarkan pengambilan dan pengukuran data dilapangan, maka besarnya polutan udara ambient untuk PM^{10} dapat dilihat pada gambar 4.15 dan 4.16 berikut :

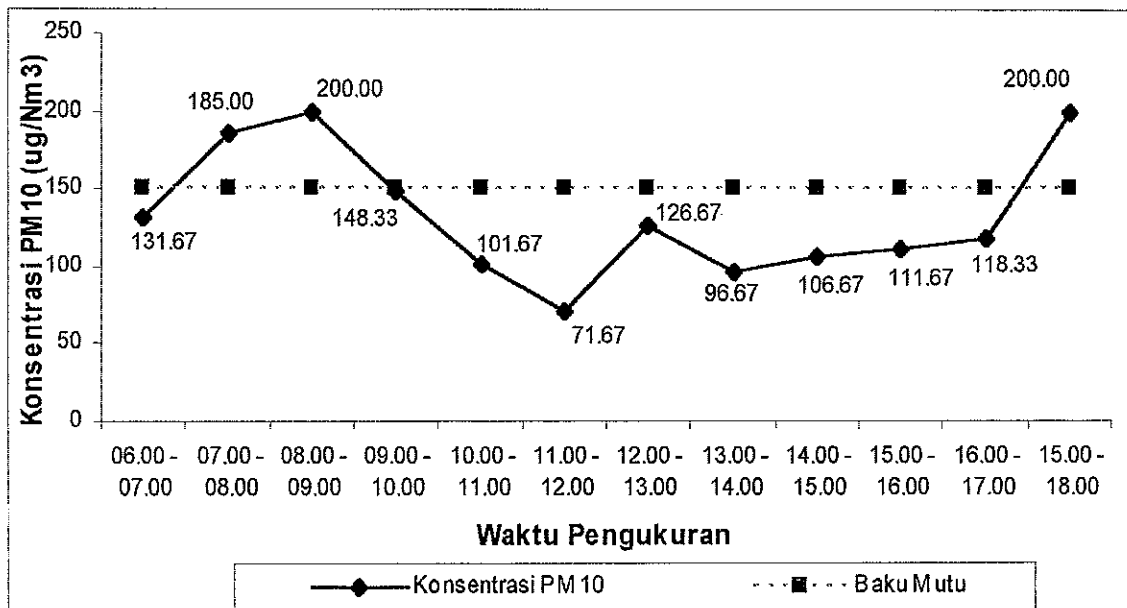


Gambar 4.15 Pengukuran Ambient PM^{10} pada persimpangan Bagindo Aziz Chan

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi PM^{10} yang didapat dari lokasi penelitian adalah berkisar antara $88,33 \mu g/Nm^3$ - $206,67 \mu g/Nm^3$, dan yang tertinggi terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 sebesar $206,67 \mu g/Nm^3$, yang telah melebihi dari Nilai Baku Mutu (BM) yang disyaratkan sebesar $150 \mu g/Nm^3$ sesuai dengan Baku Mutu Ambien Nasional PP No. 41 tahun 1999, sedang paling rendah terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 sebesar $88,33 \mu g/Nm^3$.

Dari hasil diatas dapat dianalisa bahwa konsentrasi dari PM^{10} yang tinggi terjadi pada pukul 07.00 -08.00 dan 11.00 – 12.00, yang mana kendaraan yang antri pada saat itu cukup tinggi artinya PM^{10} sangat dipengaruhi oleh lalu lintas, jadi ada juga faktor lain yang menyebabkan tingginya konsentrasi pada saat itu. Diduga hal ini terjadi karena pengaruh bangunan yang ada disekitar persimpangan yang banyak terdiri dari gedung perkantoran sedang faktor lain diduga karena lalu lintas yang melalui persimpangan tersebut banyak berbahan bakar bensin, walau penulis tidak membedakan kendaraan yang dicacah sesuai dengan bahan bakarnya, tetapi menurut teori bahwa kendaraan berbahan bakar bensin akan banyak mengeluarkan emisi dan walau ada faktor lainnya yang berpengaruh.

Berdasarkan Baku Mutu Ambien Nasional No. 41 tahun 1999 hasil pengukuran PM^{10} telah ada yang berada diatas Baku Mutu, dan setelah diadakan perhitungan secara ISPU maka kondisinya termasuk kategori **sedang**, jadi harus menjadi perhatian untuk langkah pengelolaannya, supaya kategori tersebut jangan meningkat menjadi berbahaya tetapi hendaknya turun menjadi bahkan mungkin **baik**.



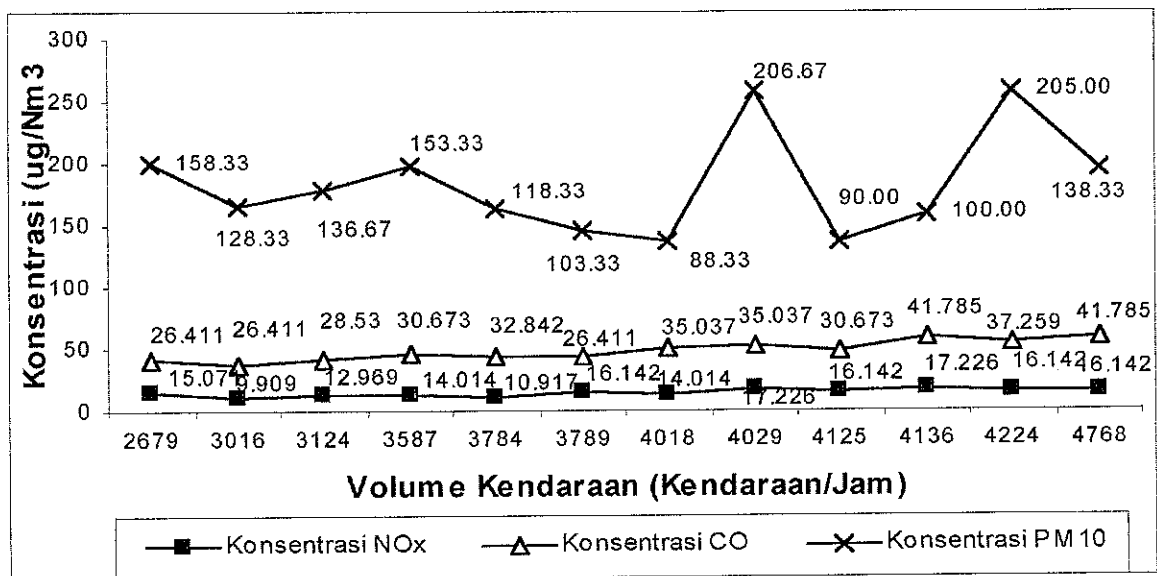
Gambar 4.16 Pengukuran Ambient PM¹⁰ pada persimpangan Lubuk Begalung

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi PM¹⁰ yang didapat dari lokasi penelitian adalah berkisar antara $71,67 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ - $200,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan yang tertinggi terjadi pada pukul 08.00 – 09.00 dan pukul 17.00 – 18.00 sebesar $200,00 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, yang mana pada beberapa titik telah melebihi Nilai Baku Mutu Ambien Nasional yang disyaratkan sebesar $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sesuai dengan PP No. 41 tahun 1999, sedang konsentrasi paling rendah pada pukul 11.00 – 12.00 sebesar $71,67 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Dari hasil diatas dapat dianalisa bahwa konsentrasi dari PM¹⁰ yang tinggi terjadi pada pukul 08.00 -09.00 dan 17.00 – 18.00 disebabkan oleh kejadian antri kendaraan yang cukup tinggi pada saat itu, artinya bahwa konsentrasi PM¹⁰ sangat dipengaruhi oleh volume kendaraan serta diduga ada faktor lain yang menyebabkan tingginya konsentrasi pada saat itu. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh dari angkutan

material yang melewati persimpangan tersebut, disamping bangunan yang ada disekitar persimpangan yang banyak terdiri dari bangunan perumahan dan ada usaha bengkel walau ada faktor lain yang berpengaruh seperti arah angin dan kecepatan angin.

Secara keseluruhan dapat dilihat hubungan antara ke 3 (tiga) parameter terhadap volume kendaraan seperti pada gambar 4.17 untuk persimpangan Bagindo Aziz Chan dan gambar 4.18 untuk persimpangan Lubuk Begalung.



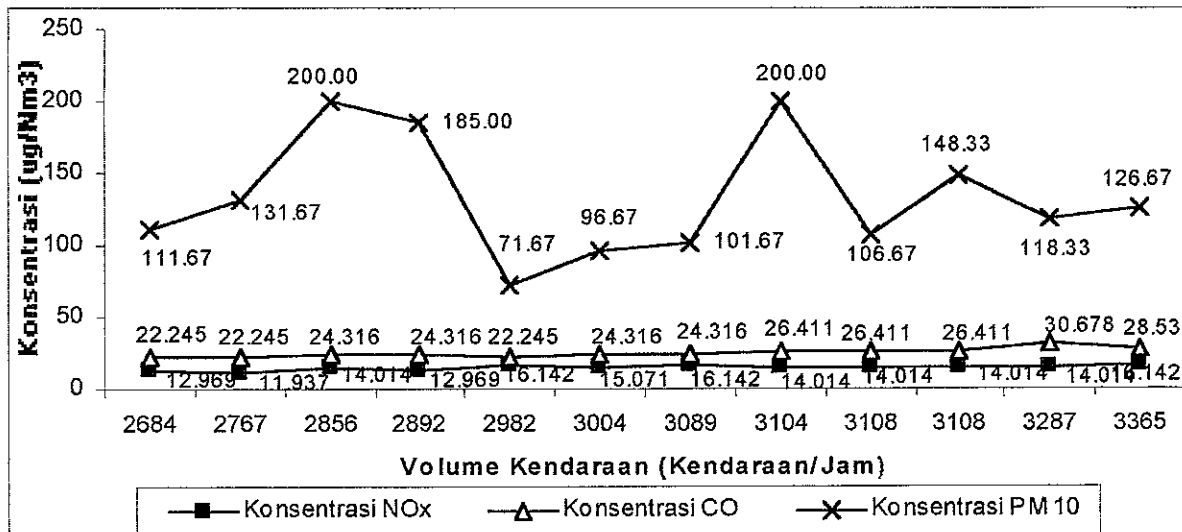
Gambar 4.17 : Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi Persimpangan BAC

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa hasil pada pengukuran konsentrasi pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan untuk konsentrasi CO dan NOx sangat kecil dan masih berada jauh dibawah Baku Mutu Udara Ambien Nasional yang disyaratkan PP No. 41 tahun 1999, untuk wilayah kota Padang untuk Baku Mutu Udara mengacu sepenuhnya pada PP No. 41 tahun 1999, dan hubungannya dengan volume kendaraan dengan konsentrasi CO sangat signifikan. Karena rendah volume lalu lintas maka konsentrasi yang dihasilkan juga kecil, begitu juga sebaliknya sedang untuk konsentrasi PM¹⁰ malah ada yang telah melewati nilai Baku Mutu Ambien

Nasional yang disyaratkan sesuai PP No. 41 tahun 1999 sebesar $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan terlihat bahwa besarnya volume lalu lintas ada saatnya tidak mempengaruhi tingkat polutan yang dihasilkan dan diyakini juga oleh pengaruh kecepatan angin. Dari analisa didapat bahwa kendaraan yang berbahan bakar bensin akan menghasilkan emisi CO yang tinggi, demikian juga halnya untuk partikulat lebih banyak dihasilkan pada kendaraan bermotor yang berbahan bakar bensin.

Sehubungan dengan pengukuran dilakukan pada persimpangan yang juga lebih dipengaruhi juga oleh faktor lainnya seperti siklus lampu lalu lintas yang mempunyai siklus lampu merah yang rata-rata lamanya 85 detik yang akan berdampak pada banyaknya kendaraan bermotor yang antri dan kendaraan yang antri tersebut akan mengeluarkan emisi yang tinggi karena berhenti mesin dalam keadaan hidup, selain itu juga keadaan atmosfer serta faktor meteorologi setempat pada saat pengambilan sampel sangat mempengaruhi.

Stabilitas atmosfer sangat menentukan besar dispersi pencemar. Atmosfer yang stabil menghambat dispersi pencemar, sehingga terjadi akumulasi pencemar. Sedangkan atmosfer yang tidak stabil dapat membantu pencemar terdispersi sehingga konsentrasi pencemar menurun. Melihat dari lokasi pengukuran terletak pada daerah perkantoran, jadi mungkin saja terjadi akumulasi konsentrasi karena pengaruh tinggi bangunan disekitarnya yang menyebabkan konsentrasi yang dihasilkan tinggi.



Gambar 4.18 Hubungan Volume Kendaraan dgn Konsentrasi di Persimpangan Lubeg

Dari gambar diatas dapat dianalisa bahwa hasil pada pengukuran konsentrasi pada persimpangan jalan Lubuk Begalung untuk konsentrasi CO dan NOx sangat kecil dan masih berada jauh dibawah Baku Mutu Ambien Nasional yang disyaratkan sesuai PP No. 41 tahun 1999, dimana untuk CO sebesar $10.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, untuk NOx sebesar $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ selama 24 jam dan hubungannya dengan volume kendaraan sangat signifikan. Karena rendah volume lalu lintas maka konsentrasi yang dihasilkan juga kecil, sedang untuk konsentrasi PM^{10} malah ada yang telah melewati nilai Baku Mutu yaitu sebesar yang disyaratkan $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan terlihat bahwa besarnya volume lalu lintas tidak mempengaruhi tingkat polutan yang dihasilkan, karena diduga juga ada pengaruh dari pengoperasian PT. Semen Padang yang berlokasi sebelah timur jalan Lubuk Begalung. Dari analisa diketahui bahwa kendaraan yang berbahan bakar bensin akan menghasilkan emisi CO yang tinggi dan Partikulat yang tinggi juga, sedang untuk NOx emisi yang dihasilkan akan cenderung sama dengan emisi yang dihasilkan pada kendaraan bermotor yang berbahan bakar solar atau yang bermesin diesel. Tingginya

partikulat besar kemungkinan juga ada pengaruh faktor lain yang menghasilkan debu seperti adanya usaha yang dapat memicu terbentuknya debu.

Sehubungan dengan pengukuran dilakukan pada persimpangan yang juga lebih dipengaruhi juga oleh faktor lainnya seperti siklus lampu lalu lintas yang mempunyai siklus lampu merah yang lama rata-rata lampu merahnya selama 70 detik yang akan berdampak pula pada banyaknya kendaraan bermotor yang antri, selain itu juga keadaan atmosfer serta faktor meteorologi setempat pada saat pengambilan sampel sangat mempengaruhi.

Stabilitas atmosfer sangat menentukan besar dispersi pencemar. Atmosfer yang stabil menghambat dispersi pencemar, sehingga terjadi akumulasi pencemar. Sedangkan atmosfer yang tidak stabil dapat membantu pencemar terdispersi sehingga konsentrasi pencemar menurun. Melihat dari lokasi pengukuran terletak pada daerah perumahan, jadi diduga terjadi akumulasi konsentrasi karena pengaruh bangunan disekitarnya dan pada daerah ini juga tidak adanya tanaman pelindung jalan.

4.2.3 Perhitungan Nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Nilai ISPU ini dapat digunakan sebagai bahan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu disamping itu juga sebagai bahan pertimbangan Pemerintah Daerah dalam melaksanakan pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara.

Metode perhitungan dan analisis menggunakan :

- Keputusan Meneg LH No. 45/MENLH/10/1997, tentang Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)
- Keputusan Kepala Bappedal No. 107/KABAPEDAL/1997, tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara.

Dengan menggunakan rumus :
$$I = \frac{I_A - I_B}{X_A - X_B} (Xx - X_B) + I_B$$

Keterangan :

I = ISPU terhitung

I_A = ISPU batas atas

I_B = ISPU batas bawah

X_A = Ambien batas atas

X_B = Ambien batas bawah

Xx = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

Sedangkan untuk mengkonversi pengukuran dari yang dilaksanakan perjam menjadi sesuai standar SI dipakai rumus :

$$C_2 = \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^{0.185} \times C_1$$

Hasil perhitungan ISPU untuk kedua lokasi persimpangan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini :

Tabel 4. 2 Perhitungan ISPU parameter CO pada persimpangan Bagindo Aziz Chan

INDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) CO

Waktu Pengukuran	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	0.252	50	0	5	0	3	Baik
8:00	0.355	50	0	5	0	4	Baik
9:00	0.292	50	0	5	0	3	Baik
10:00	0.313	50	0	5	0	3	Baik
11:00	0.252	50	0	5	0	3	Baik
12:00	0.334	50	0	5	0	3	Baik
13:00	0.399	50	0	5	0	4	Baik
14:00	0.292	50	0	5	0	3	Baik
15:00	0.334	50	0	5	0	3	Baik
16:00	0.271	50	0	5	0	3	Baik
17:00	0.399	50	0	5	0	4	Baik
18:00	0.252	50	0	5	0	3	Baik

ISPU CO MINIMUM	=	3	
ISPU CO MAKSIMUM	=	4	
ISPU CO RATA-RATA	=	3	Baik

Pada tabel hasil perhitungan ISPU untuk konsentrasi CO pada persimpangan Bagindo Aziz Chan termasuk dalam kategori **Baik** yang artinya tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.

Memang dari hasil pengukuran untuk konsentrasi CO pada persimpangan Bagindo Aziz Chan ini masih jauh berada di bawah Baku Mutu Ambien Nasional menurut PP No. 41 tahun 1999 yang disyaratkan sebesar $10.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ selama 24 jam. Dari hasil pengukuran yang terendah $26.411 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan yang tertinggi $41.785 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ perjamnya.

Tabel 4.3 Perhitungan ISPU parameter NO_x di persimpangan Bagindo Aziz ChanINDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) NO₂ = NO_x

Waktu Pengukuran	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	0.008	50	0	2	0	0	Baik
8:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
9:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
10:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
11:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
12:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
13:00	0.010	50	0	2	0	0	Baik
14:00	0.010	50	0	2	0	0	Baik
15:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
16:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
17:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
18:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik

ISPU NO ₂ MINIMUM	=	0	
ISPU NO ₂ MAKSIMUM	=	0	
ISPU NO ₂ RATA-RATA	=	0	Baik

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi NO_x yang terukur pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan setelah dilakukan perhitungan berdasarkan ISPU, maka termasuk kategori **Baik**, yang artinya bahwa tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.

Tabel 4.4 Perhitungan ISPU untuk parameter PM^{10} persimp Bagindo Aziz ChanINDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) PM^{10}

Waktu Pengukuran	PM^{10} Ug/m ³	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	139.27	100	50	150	50	95	Sedang
8:00	180.33	200	100	350	150	115	Tidak Sehat
9:00	134.87	100	50	150	50	92	Sedang
10:00	104.09	100	50	150	50	77	Sedang
11:00	121.68	100	50	150	50	86	Sedang
12:00	181.79	200	100	350	150	116	Tidak Sehat
13:00	87.96	100	50	150	50	69	Sedang
14:00	79.17	100	50	150	50	65	Sedang
15:00	77.69	100	50	150	50	64	Sedang
16:00	120.22	100	50	150	50	85	Sedang
17:00	121.68	100	50	150	50	86	Sedang
18:00	90.89	100	50	150	50	70	Sedang

ISPU PM^{10} MINIMUM	=	64	
ISPU PM^{10} MAKSIMUM	=	116	
ISPU PM^{10} RATA-RATA	=	85	Sedang

Pada hasil perhitungan diatas dapat dilihat termasuk kategori **Sedang** , yang artinya tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.

Bila dilihat data pengukuran dari PM^{10} secara umum masih berada dibawah Baku Mutu Ambien Nasional yang ditetapkan menurut PP No. 41 tahun 1999, tapi banyak juga yang hampir mendekati Nilai Baku Mutu Ambien Nasional, namun bila ditinjau berdasarkan ISPU maka untuk parameter PM^{10} sudah harus mendapat perhatian yang khusus walau termasuk kategori **sedang**, tetapi sudah ada yang mencapai kategori tidak sehat. Secara umum tingkat kualitas udara tidak berpengaruh pada manusia dan hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika. Kondisi ini akan terus meningkat apabila tidak dilakukan

pengelolaan sedini mungkin, karena lama kelamaan akan bisa meningkat pada katagori berbahaya.

Tabel 4.5 Perhitungan ISPU parameter CO di persimpangan Lubuk Begalung

INDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) CO							
Waktu Pengukuran	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	0.212	50	0	5	0	2	Baik
8:00	0.232	50	0	5	0	2	Baik
9:00	0.252	50	0	5	0	3	Baik
10:00	0.252	50	0	5	0	3	Baik
11:00	0.232	50	0	5	0	2	Baik
12:00	0.212	50	0	5	0	2	Baik
13:00	0.272	50	0	5	0	3	Baik
14:00	0.232	50	0	5	0	2	Baik
15:00	0.252	50	0	5	0	3	Baik
16:00	0.212	50	0	5	0	2	Baik
17:00	0.292	50	0	5	0	3	Baik
18:00	0.232	50	0	5	0	2	Baik

ISPU CO MINIMUM	=	2	
ISPU CO MAKSIMUM	=	3	
ISPU CO RATA-RATA	=	2	Baik

Pada tabel hasil perhitungan ISPU untuk konsentrasi CO pada persimpangan Bagindo Aziz Chan termasuk dalam kategori **Baik**, yang artinya tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.

Tabel 4.6 Perhitungan ISPU parameter NO_x persimpangan Lubuk BegalungINDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) NO₂ = NO_x

WAKTU	NO ₂ μg/m ³	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	0.010	50	0	2	0	0	Baik
8:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
9:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
10:00	0.007	50	0	2	0	0	Baik
11:00	0.007	50	0	2	0	0	Baik
12:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
13:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
14:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
15:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
16:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
17:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
18:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik

ISPU NO ₂ MINIMUM	=	0	
ISPU NO ₂ MAKSIMUM	=	0	
ISPU NO ₂ RATA-RATA	=	0	Baik

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi NO_x yang terukur pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan setelah dilakukan perhitungan berdasarkan ISPU, maka termasuk kategori **Baik**, yang artinya bahwa tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.

Tabel 4.6 Perhitungan ISPU parameter NO_x persimpangan Lubuk BegalungINDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) NO₂ = NO_x

WAKTU	NO ₂ µg/m ³	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	0.010	50	0	2	0	0	Baik
8:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
9:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
10:00	0.007	50	0	2	0	0	Baik
11:00	0.007	50	0	2	0	0	Baik
12:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
13:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
14:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
15:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
16:00	0.009	50	0	2	0	0	Baik
17:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik
18:00	0.011	50	0	2	0	0	Baik

ISPU NO ₂ MINIMUM	=	0	
ISPU NO ₂ MAKSIMUM	=	0	
ISPU NO ₂ RATA-RATA	=	0	Baik

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi NO_x yang terukur pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan setelah dilakukan perhitungan berdasarkan ISPU, maka termasuk kategori **Baik**, yang artinya bahwa tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.

Tabel 4.7 Perhitungan ISPU parameter PM¹⁰ persimpangan Lubuk BegalungINDEK STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) PM¹⁰

Waktu Pengukuran	PM ¹⁰ ug/m ³	I A	I B	X A	X B	ISPU	KATEGORI
7:00	115.817	100	50	150	50	83	Sedang
8:00	162.726	200	100	350	150	106	Tidak Sehat
9:00	175.920	200	100	350	150	113	Tidak Sehat
10:00	130.471	100	50	150	50	90	Sedang
11:00	89.429	100	50	150	50	70	Sedang
12:00	63.041	100	50	150	50	57	Sedang
13:00	11.419	50	0	50	0	11	Baik
14:00	85.031	100	50	150	50	68	Sedang
15:00	93.827	100	50	150	50	72	Sedang
16:00	98.225	100	50	150	50	74	Sedang
17:00	104.083	100	50	150	50	77	Sedang
18:00	175.920	200	100	350	150	113	Tidak Sehat

ISPU PM 10 MINIMUM	=	11	
ISPU PM 10 MAKSIMUM	=	113	
ISPU PM 10 RATA-RATA	=	78	Sedang

Pada hasil perhitungan diatas dapat dilihat termasuk kategori **Sedang** , yang artinya tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.

Bila dilihat data pengukuran dari PM¹⁰ secara umum masih berada dibawah Baku Mutu Ambien Nasional yang ditetapkan menurut PP No. 41 tahun 1999, namun bila ditinjau berdasarkan ISPU maka untuk parameter PM¹⁰ sudah harus mendapat perhatian yang khusus walau termasuk kategori **sedang**, tetapi sudah ada yang mencapai kategori **tidak sehat**. Secara umum tingkat kualitas udara tidak berpengaruh pada manusia dan hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika. Kondisi ini akan terus meningkat apabila tidak dilakukan pengelolaan sedini mungkin, karena lama kelamaan akan bisa meningkat pada katagori berbahaya.

4.2.4 Penentuan Phase dan Siklus Lampu Lalu Lintas

Sesuai dengan fungsinya lampu pengatur lalu lintas adalah untuk mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan dan pada saat bersamaan memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak. Akibat dari arus kendaraan yang berhenti akan menimbulkan tundaan bagi arus kendaraan lalu lintas di belakangnya, dengan begitu kendaraan akan mengalami perlambatan. Tetapi tundaan tersebut akan diimbangi dengan peningkatan kecepatan kendaraan-kendaraan yang bergerak melalui adanya pengurangan konflik. Dengan demikian tujuan pemakaian lampu lalu lintas adalah untuk mengurangi tundaan dan panjang antrian sehingga dapat meningkatkan kapasitas persimpangan. Untuk lokasi penelitian yang mengambil lokasi 1 (satu) persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan lokasi 2 (dua) persimpangan jalan Lubuk Begalung.

Pada kedua lokasi yang diambil mempunyai phase yang sama yaitu 3 (tiga) phase. Yang dimaksud dengan phase lampu lalu lintas adalah cara pengaturan waktu pada sinyal lampu merah, kuning dan hijau yang digerakkan oleh lalu lintas atau sinyal dengan waktu tetap. Phase pada saat satu kaki simpang mengalami sinyal lampu hijau maka 3 (tiga) kaki simpang yang lain akan mengalami sinyal lampu merah sesuai dengan urutan phase pada persimpangan tersebut.

Sedang siklus adalah jumlah waktu sinyal lampu merah, sinyal lampu hijau dan sinyal lampu kuning dalam 1 (satu) phase. Siklus lampu lalu lintas pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan sebesar 120 detik, sedangkan untuk persimpangan jalan Lubuk Begalung sebesar 100 detik.

Dalam pengambilan data untuk pencatatan siklus lampu lalu lintas dari satu phase pada kedua lokasi ditemui tidak sesuai dengan jumlah waktu siklus yang sebenarnya, karena adanya waktu hilang (*lost time*), yaitu lamanya waktu pada peralihan antara sinyal lampu merah ke sinyal lampu merah berikutnya. Sehingga untuk lokasi persimpangan Bagindo Aziz Chan mempunyai waktu siklus selama 120 detik dalam satu phase tidak akan dijumpai angka yang persis, sedang untuk lokasi persimpangan Lubuk Begalung yang mempunyai waktu siklus 100 menit dalam satu phase juga begitu. Pencatatan data selengkapnya untuk 2 (dua) lokasi pengamatan dapat dilihat pada lampiran B.

4.2.5 Penentuan Jumlah Antrian

Penentuan jumlah antrian kendaraan (\bar{N}') didasarkan pada data-data lalu lintas, seperti waktu setiap phase lampu dan siklus serta volume kendaraan yang melalui persimpangan dengan kaki jalan yang ditinjau.

Harga G/C merupakan parameter lalu lintas yang menjelaskan intensitas lalu lintas yang digunakan dalam menentukan antrian kendaraan. G/C adalah ratio phase hijau dibagi dengan waktu siklus lampu lalu lintas. Dengan demikian \bar{N}' dihitung menggunakan persamaan *Fixed-Time Signal* :

$$\bar{N}' = \frac{(V \text{ kendaran/ jam})(1 - G/C)(\text{waktu siklus})}{(3600 \text{ det/ jam}) \left[1 - \frac{V \text{ kendaraan/ jam}}{C \text{ kendaraan/ jam fase hijau}} \right]}$$

Pemilihan rumus ini disesuaikan dengan ketersediaan data volume kendaraan yang ada dan dapat terkumpul melalui pengukuran di lokasi studi akibat terbatasnya peralatan yang digunakan. Data-data lalu lintas seperti ratio G/C, waktu siklus lampu lalu lintas, volume kendaraan selama lampu hijau dan total siklus, digunakan sebagai input dari persamaan tersebut. Hasil keluaran perhitungan tersebut yaitu panjang antrian kendaraan total rata-rata, selanjutnya digunakan sebagai input untuk menentukan laju emisi kendaraan.

Contoh perhitungan :

Dengan menggunakan data pengukuran jam 07.00 – 08.00 di titik lokasi persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan, perhitungan untuk ruas jalan Bagindo Aziz Chan Utara adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume kendaraan (V)} = 1030 \text{ Kendaraan / jam}$$

$$\text{Waktu siklus} = 120 \text{ detik}$$

$$\text{G/C Bagindo Azis Chan} = 40,95/120 = 0.342$$

$$\text{C kendaraan} = 4512 \text{ kendaraan / jam fase hijau}$$

Sehingga rata-rata panjang antrian kendaraan untuk 1 (satu) baris antrian adalah :

$$\begin{aligned} \overline{N} &= \frac{(1030)(1-0.342)(120)}{(3600 \text{ detik / jam}) \left[1 - \frac{1030}{4512} \right]} \\ &= 17 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

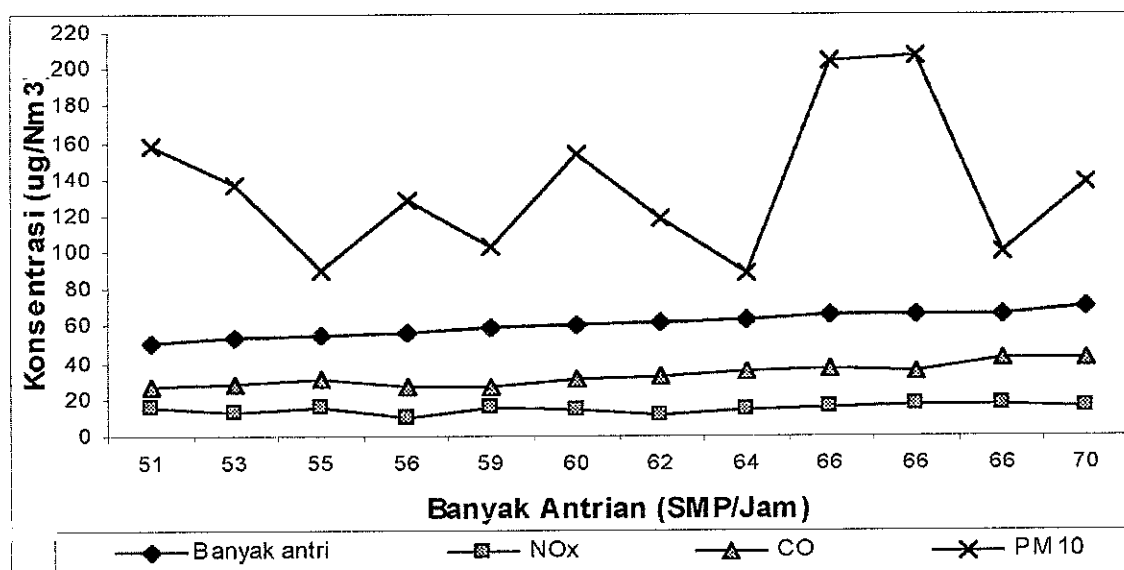
Hasil perhitungan selengkapnya ditampilkan pada lampiran B

Dengan melihat gambar 4.19 dan 4.20 nampak bahwa hubungan antara antrian dengan konsentrasi pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan persimpangan jalan Lubuk Begalung.

Tabel 4. 8 Hubungan Banyak Antrian dengan Konsentrasi

Banyak Antri	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		
	NOx	CO	PM ¹⁰
51	15.071	26.411	158.33
53	12.969	28.53	136.67
55	16.142	30.673	90.00
56	9.909	26.411	128.33
59	16.142	26.411	103.33
60	14.014	30.673	153.33
62	10.917	32.842	118.33
64	14.014	35.037	88.33
66	16.142	37.259	205.00
66	17.226	35.037	206.67
66	17.226	41.785	100.00
70	16.142	41.785	138.33

Sumber : Dari Pengukuran lapangan yang telah diolah, Maret 2004

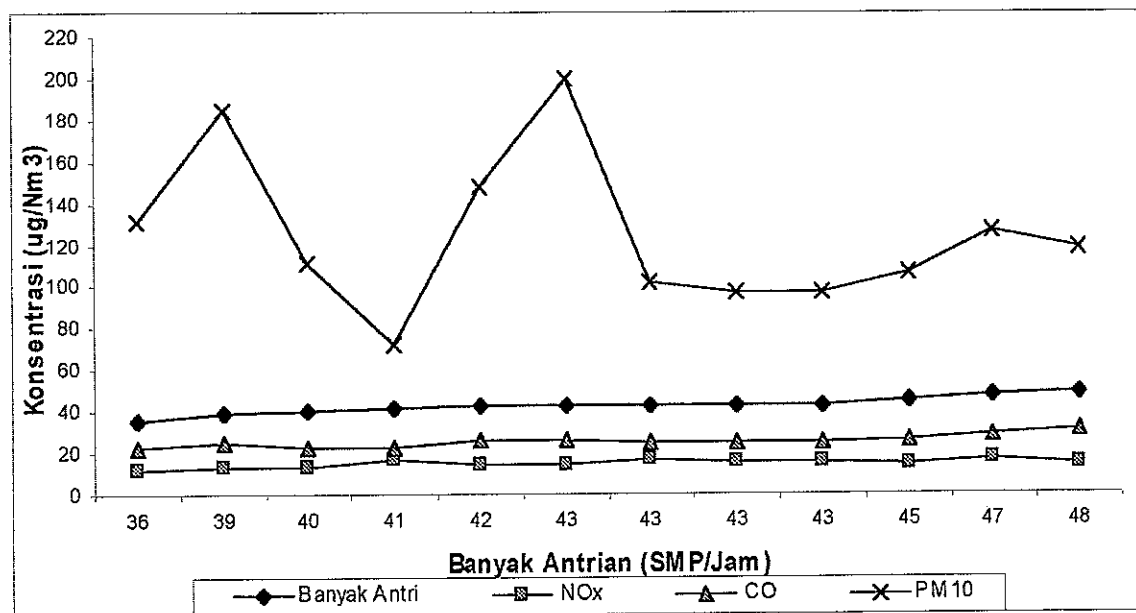


Gambar 4.19 Hubungan antara Antrian dengan Konsentrasi di persimp Bagindo A.C

Tabel 4.9 Rekapitulasi Banyak Antrian dan Konsentrasi

Banyak Antri	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		
	NOx	CO	PM ¹⁰
36	11.937	22.245	131.670
39	12.969	24.316	185.000
40	12.969	22.245	111.670
41	16.142	22.245	71.670
42	14.014	26.411	148.330
43	14.014	26.411	200.000
43	16.142	24.316	101.670
43	15.071	24.316	96.670
43	15.071	24.316	96.670
45	14.014	26.411	106.670
47	16.142	28.53	126.670
48	14.014	30.678	118.330

Sumber : Dari Pengukuran lapangan yang telah diolah, Maret 2004



Gambar 4.20 Hubungan antara Antrian dengan Konsentrasi di Persimp Lubeg

Dari gambar 4.19 dan 4.20 diatas dapat dianalisa bahwa untuk konsentrasi CO sangat signifikan hubungannya dengan pertambahan jumlah antrian kendaraan

bermotor, sedang untuk konsentrasi NO_x tidak begitu berpengaruh dan PM^{10} sangat tidak berpengaruh serta tidak jelasnya trennya terhadap antrinya kendaraan bermotor. Jelas dalam pembentukan konsentrasi PM^{10} selain faktor emisi yang dikeluarkan kendaraan yang antri juga dipengaruhi oleh faktor lain.

Tingginya konsentrasi PM^{10} pada kedua persimpangan jalan disebabkan terakumulasinya konsentrasi karena pengaruh bangunan di sekitar pengambilan sampel serta juga dipengaruhi oleh faktor meteorologi seperti arah dan kecepatan angin.

Untuk kasus konsentrasi gas dari CO maupun NO_x pengaruh antrian kendaraan bermotor sangat jelas sangat berpengaruh, sementara pada partikel sangat berbeda. Karena ukuran partikel yang sangat kecil yaitu dibawah $10\mu\text{g}$, maka hal ini menggambarkan bahwa ada sumber partikulat lain selain emisi kendaraan dan kondisi jalan dari konsentrasi PM^{10} di udara ambien. Sumber lain tersebut bisa berasal dari aktifitas di sekitar persimpangan seperti adanya bengkel, tukang las, dan lainnya yang mengemisikan debu dan juga disebabkan oleh pengangkutan material.

4.2.6 Volume dan Komposisi Lalu Lintas pada saat Pengamatan

Pembagian komposisi lalu lintas pada saat pengamatan terdiri dari jenis kendaraan mobil penumpang, truk besar, truk kecil, bus dan sepeda motor, sedangkan volume dinyatakan sebagai jumlah kendaraan perjam.

Volume dan komposisi lalu lintas pada masing-masing lokasi persimpangan pengamatan adalah :

- Dari data lapangan tampak bahwa volume kendaraan penumpang dilokasi pengamatan 1 (satu) yaitu Persimpangan Jalan Bagindo Aziz Chan, volume

kendaraan penumpang dari jalan Proklamasi yang menuju arah Bagindo Aziz Chan-Utara lebih banyak dari pada kaki persimpangan lainnya.

- Sedang untuk lokasi pengamatan 2 (dua) persimpangan jalan Lubuk Begalung volume kendaraan penumpang yang melewati jalan Marapalam yang lebih tinggi dari kaki persimpangan lainnya.
- Data volume lalu lintas untuk kendaraan truk pada lokasi pengamatan 1 (satu) persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan sangat terbatas sedang untuk lokasi pengamatan 2 (dua) persimpangan jalan Lubuk Begalung jalan By Pass lebih tinggi dibanding ruas jalan atau kaki persimpangan lainnya.
- Data volume untuk komposisi mobil Bus pada lokasi pengamatan 1 (satu) persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan sangat terbatas sedang untuk pengamatan 2(dua) persimpangan jalan Lubuk Begalung pada jalan Indarung dan Lubuk Begalung memiliki kepadatan yang tinggi dibanding dengan jalan atau kaki persimpangan lainnya. Tingginya frekuensi lalu lintas bus ini erat kaitannya dengan peruntukan kawasan di sekitar lokasi pengamatan. Daerah Indarung merupakan kawasan industri Semen dan tekstil, serta jalur padat jenis angkutan bus dari Jalan By Pass. Padatnya volume angkutan bus di jalan Indarung cukup beralasan karena sampling dilakukan di persimpangan yang dilewati oleh bus dari terminal Bingkuang menuju daerah kabupaten yang terletak di wilayah Timur dan Selatan Kota Padang dan merupakan terminal bus Angkutan Kota Dalam Propinsi (AKDP) maupun Angkutan Kota Antar Propinsi (AKAP) menuju Jakarta dan kota lainnya.

- Data volume kendaraan untuk komposisi sepeda motor pada lokasi pengamatan 1(satu) persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan pada lokasi pengamatan 2(dua) sama tingginya yang terdapat pada ruas-ruas jalan dikedua lokasi, sama halnya dengan jenis angkutan lainnya, kepadatan terutama pada jam-jam dimana orang melakukan aktifitas bepergian ke kantor atau tempat usaha lainnya serta pulang, yaitu pagi antara jam 08.00 hingga jam 10.00, sedangkan untuk sore antara jam 15.00 hingga jam 17.00.

4.2.7 Penentuan Total Emisi

Laju emisi dan total kelebihan emisi kendaraan dinyatakan sebagai koefisien emisi yang ditentukan dengan menggunakan profil emisi (tabel 2.10), berdasarkan data input seperti jumlah kendaraan yang antri, kecepatan kendaraan dan *driving mode*. Adapun komponen total kuat emisi kendaraan yang terjadi adalah sebagai berikut (dinyatakan dalam g/m/s) :

1. Emisi kendaraan dari Stopping dan Starting (SS),

$$Emisi SS = \frac{(Emisi stopping dan starting rata - rata)}{(Waktu siklus lampu)} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$Emisi stopping starting : SSE = \frac{SSF}{C}$$

2. Emisi Cruise,

$$Emisi Cruise = \frac{(Laju emisi cruise)(Volume kendaraan/ jam)}{(3600)} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$Emisi Cruise : CE = \frac{CF \times Vc}{3600}$$

3. Emisi Idle,

$$Emisi\ Idle = \frac{(Laju\ emisi\ idle)(panjang\ phase\ lampu\ merah)}{(Rata-rata\ jarak\ antrian)(waktu\ siklus\ lampu)} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$Emisi\ Idle : IE = \frac{IF \times R}{C}$$

Sehingga kuat emisi selama terjadinya antrian kendaraan adalah :

$$Kuat\ Emisi = Emisi\ Stopping\ dan\ Starting + Emisi\ Cruise + Emisi\ Idle \dots (4.4)$$

$$Kuat\ Emisi = SSE + CE + IE$$

Dimana :

SSF = Faktor emisi aselarasi dan deselarasi (g/m)

CF = Faktor emisi saat cruise/laju konstan (g/m)

IF = Faktor emisi saat idle/berhenti (g/s)

Vc = Volume kendaraan cruise pada lajur yang ditinjau (kend/jam)

R = Waktu fase lampu merah (detik)

C = Waktu siklus lampu lalu lintas (detik)

\overline{N} = Total panjang antrian kendaraan rerata

Contoh perhitungan :

Dengan menggunakan data pengukuran jam 07.00 – 08.00 di titik pengamatan 1

Persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan, perhitungan untuk ruas jalan Bagindo

Aziz Chan Utara adalah sebagai berikut :

Volume kendaraan (V) = 1030 Kendaraan/jam

Laju kendaraan = 30 km/jam

Waktu siklus = 120 detik

G/C = 0.342

Fase lampu merah = 75.95 detik

$\overline{N'}$ = 17 kendaraan/siklus

Dengan bantuan tabel 2.10, faktor emisi pada laju kendaraan 30 km/jam dan $\overline{N'}$ = 17 kendaraan/siklus adalah :

SSF = 0.492 g/m,

CF = 0.0161 g/m,

IF = 415.42 g/jam

Dengan demikian total kuat emisi dari ruas jalan Bagindo Aziz Chan – Utara adalah :

$$\begin{aligned} \text{TKE} &= \frac{\text{SSF}}{120} + \frac{\text{CF} \times 1030}{3600} + \frac{\text{IF} \times 75.95}{3600 \times 120} \\ &= 0.026965 \text{ g/m/s} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya ditampilkan pada lampiran C

4.2.8 Model Emisi Udara

Berbagai kasus pencemaran udara skala mikro berkaitan dengan polutan kendaraan bermotor yang terjadi pada suatu tempat yang berpotensi di mana lalu lintasnya tersekat, kecepatan kendaraan rendah dan perubahan cara mengemudi yang menyebabkan densitas emisi tinggi dan konsentrasi tinggi. Salah satu lokasi tersebut adalah di persimpangan jalan yang berlampu lalu lintas.

Dalam keperluan ini, suatu bentuk permodelan kualitas udara untuk mengestimasi akumulasi sebaran polutan dari emisi kendaraan bermotor pada kondisi kasus tertentu akan diperlukan penggunaannya. Permodelan kualitas udara di persimpangan jalan berlampu lalu lintas sangat dipengaruhi oleh kuat emisi kendaraan yang dipengaruhi oleh panjang antrian kendaraan serta *driving mode* kendaraan. Faktor emisi yang tergantung pada perilaku berkendara pada saat antrian kendaraan terjadi secara ideal dapat dijelaskan melalui model pendekatan *driving mode*.

Berbeda dengan besarnya emisi kendaraan di jalan raya yang bebas hambatan yang hanya dipengaruhi oleh emisi cruise saja yang berperan dalam terjadinya konsentrasi polutan. Kejadian saat antrian kendaraan berlangsung dapat dirunutkan atas dasar pendekatan sebagai berikut :

- *Pertama*, saat kendaraan melaju dengan kecepatan yang dianggap konstan, emisi yang dilepaskan dengan sebagai komponen *emisi cruise*. Besarnya polutan cenderung rendah karena kerja mesin tidak dipaksakan dan terjadi pembakaran sempurna pada temperatur yang sesuai sehingga menghasilkan emisi yang rendah, dalam satuan g/m.
- *Kedua*, saat kendaraan berkurang kecepatannya dari kecepatan konstan hingga kendaraan berhenti (0 km/jam) sewaktu mendekati persimpangan atau terjadi *deselarasi* kecepatan dan saat kendaraan bertambah kecepatannya dari keadaan berhenti (sewaktu terjadi antrian) hingga mencapai kecepatan konstan atau terjadi *aselarasi* kecepatan, emisi yang dilepaskan pada kondisi tersebut dikenal sebagai *starting-stopping emission* yang merupakan kelebihan emisi karena pembakaran yang tidak sempurna. Pada saat terjadi *deselarasi* dan *aselarasi* kerja mesin dipaksa

untuk turun naik secara mendadak sehingga campuran bahan bakar dan udara tidak terkompresi secara baik dan pembakaran terjadi tidak sempurna pada temperatur yang kurang sesuai, yang menyebabkan emisi relatif lebih tinggi, yang dinyatakan dalam satuan g/m.

- *Ketiga*, saat berlangsung antrian kendaraan atau lampu persimpangan dalam posisi merah terjadi pelepasan gas buang yang cukup tinggi terutama gas CO, karena pembakaran yang berlangsung tidak sempurna pada temperatur yang relatif lebih rendah akibat perputaran mesin yang rendah, di mana konsumsi bahan bakar akan lebih banyak dibandingkan pada kecepatan optimum. Komponen ini dikenal sebagai *emisi idle* (kendaraan dalam keadaan berhenti dan mesin hidup), dengan satuan g/s.

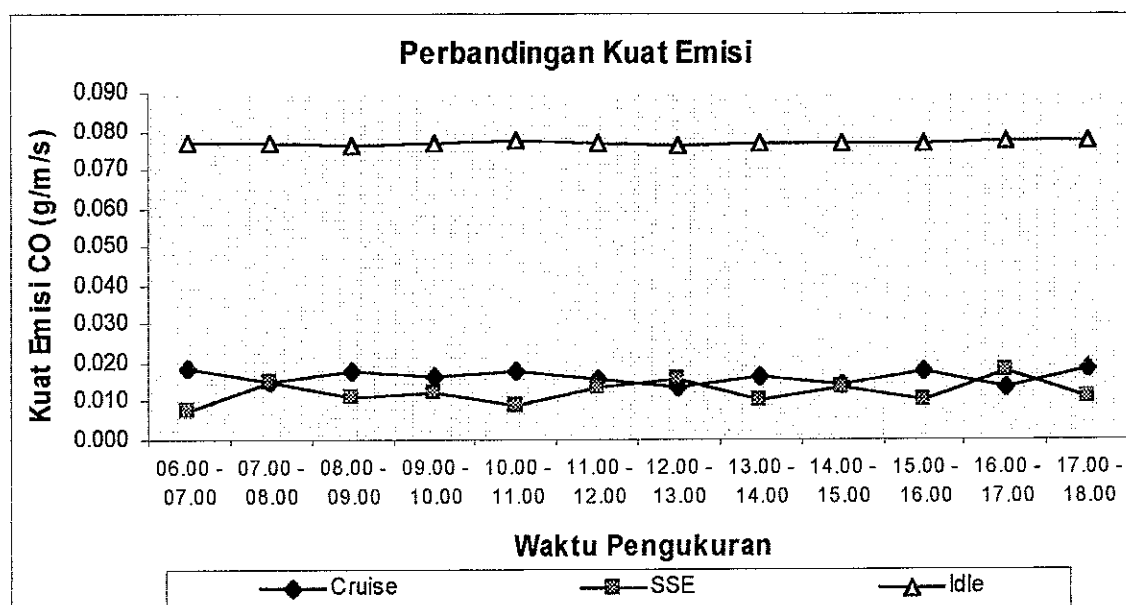
Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.21 untuk persimpangan Bagindo Aziz Chan maupun gambar 4.22 untuk persimpangan jalan Lubuk Begalung, berdasarkan hasil perhitungan terlampir pada lampiran C terlihat bahwa komponen *emisi idle* memberikan kontribusi yang besar terhadap terbentuknya konsentrasi gas di persimpangan jalan yang berlampu lalu lintas. Disamping *emisi idle*, komponen *starting-stopping emission* (SSE) menambah besarnya konsentrasi yang terjadi di persimpangan jalan. Secara tidak langsung dengan adanya kejadian antrian kendaraan menyebabkan terjadinya *deselarasi* dan *aselarasi* kendaraan. Ini ditunjukkan oleh tabel hasil aproksimasi profil emisi (tabel 2.10), untuk mendapatkan faktor emisi untuk SSE diperlukan data input dari panjang antrian kendaraan. Hal ini membuktikan bahwa pembentukan konsentrasi gas di persimpangan jalan berkaitan erat dengan terjadinya

antrian kendaraan akibat lampu lalu lintas jalan, dengan menganggap konsentrasi background-nya adalah sangat kecil atau tidak terdeteksi.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Kuat Emisi di persimpangan Bagindo Aziz Chan

Waktu Pengukuran	Kuat Emisi CO (g/m/s)		
	Cruise	SSE	Idle
06.00 - 07.00	0.018300	0.007869	0.076901
07.00 - 08.00	0.015383	0.014775	0.076694
08.00 - 09.00	0.017775	0.010902	0.076377
09.00 - 10.00	0.016408	0.012540	0.076675
10.00 - 11.00	0.018008	0.009168	0.077783
11.00 - 12.00	0.016000	0.013931	0.076973
12.00 - 13.00	0.013858	0.016116	0.076372
13.00 - 14.00	0.016775	0.010081	0.076708
14.00 - 15.00	0.014633	0.013797	0.076889
15.00 - 16.00	0.018108	0.010390	0.076949
16.00 - 17.00	0.013867	0.017884	0.077559
17.00 - 18.00	0.018275	0.011037	0.077302

Sumber : Data pengukuran yang telah diolah , Maret 2004



Gambar 4.21 Komponen Emisi yang membentuk polutan di persimpangan Jalan BAC

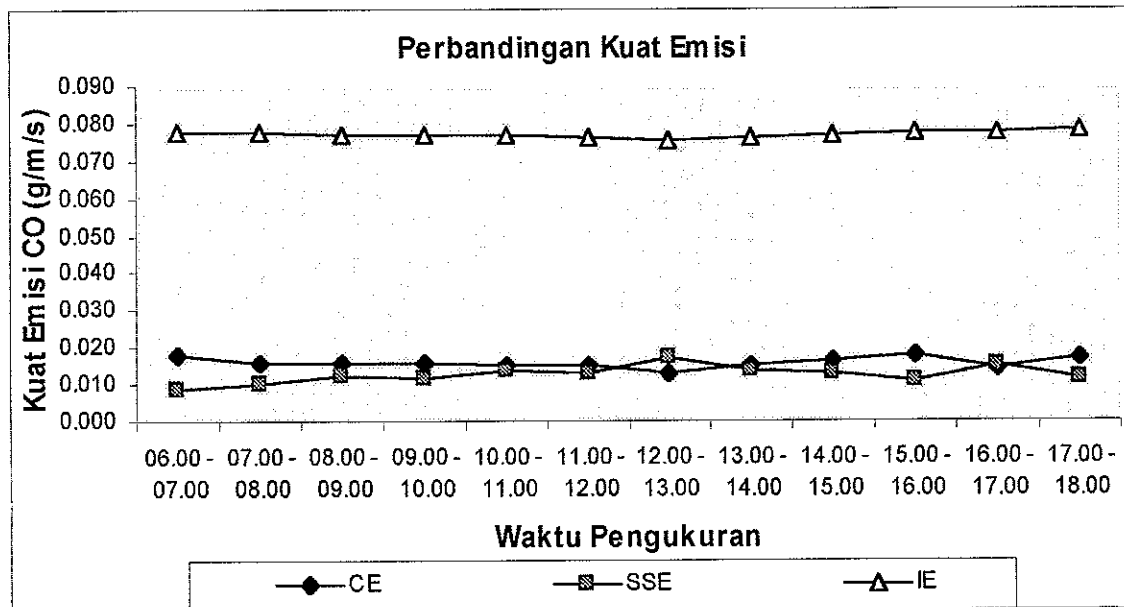
Melihat dari tabel dan gambar diatas sangat jelas bahwa kondisi kendaraan *idle* (berhenti dalam keadaan mesin hidup) yang berhenti akibat dari sinyal lampu merah pada persimpangan akan lebih banyak mengeluarkan emisi yang berasal dari kendaraan bermotor, jadi jelas bahwa pengaruh dari lamanya sinyal lampu merah juga akan mempengaruhi tingkat emisi yang dihasilkan dan pada akhirnya mempengaruhi kualitas udara dipersimpangan. Jadi salah satu cara yang dilakukan dalam upaya pengurangan tingkat emisi yang dihasilkan dipersimpangan adalah dengan mengurangi lamanya sinyal lampu merah pada siklus lampu lalu lintas dipersimpangan.

Hal yang serupa juga terjadi pada persimpangan Lubuk Begalung, pada keadaan *idle* lebih tinggi menghasilkan emisi yang dipicu oleh keadaan sinyal lampu lalu lintas dalam keadaan merah.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Kuat Emisi di persimpangan Lubuk Begalung

Waktu Pengukuran	Kuat Emisi CO (g/m/s)		
	Cruise	SSE	Idle
06.00 - 07.00	0.018310	0.008493	0.07764
07.00 - 08.00	0.015740	0.010291	0.077767
08.00 - 09.00	0.016140	0.012540	0.077294
09.00 - 10.00	0.016100	0.011864	0.076835
10.00 - 11.00	0.015290	0.013517	0.077228
11.00 - 12.00	0.014770	0.012895	0.076440
12.00 - 13.00	0.012940	0.017069	0.075768
13.00 - 14.00	0.015130	0.013434	0.076382
14.00 - 15.00	0.016620	0.012863	0.076815
15.00 - 16.00	0.017650	0.010563	0.07762
16.00 - 17.00	0.014620	0.015012	0.077932
17.00 - 18.00	0.016920	0.011717	0.078528

Sumber : Data pengukuran yang telah diolah , Maret 2004



Gambar 4.22 Komponen Emisi yang membentuk polutan di persimpangan Jalan Lubeg

4.2.9 Model Pencemaran Udara

Model matematis untuk dispersi di atmosfer yang berdasarkan pada diffusi massa dari polutan pada arah x dengan kecepatan u . Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model Gaussian sumber garis dengan :

$$C(x,z) = \frac{2 Q/L}{(2\pi)^{1/2} u \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{z^2}{2 \sigma_z^2}\right)$$

Model tersebut berdasarkan diffusi massa dari polutan arah z yang dibawa oleh angin arah x dengan kecepatan u , dimana u adalah nilai nyata tertentu dan σ adalah nilai yang nyata yang besarnya lebih besar dari nol.

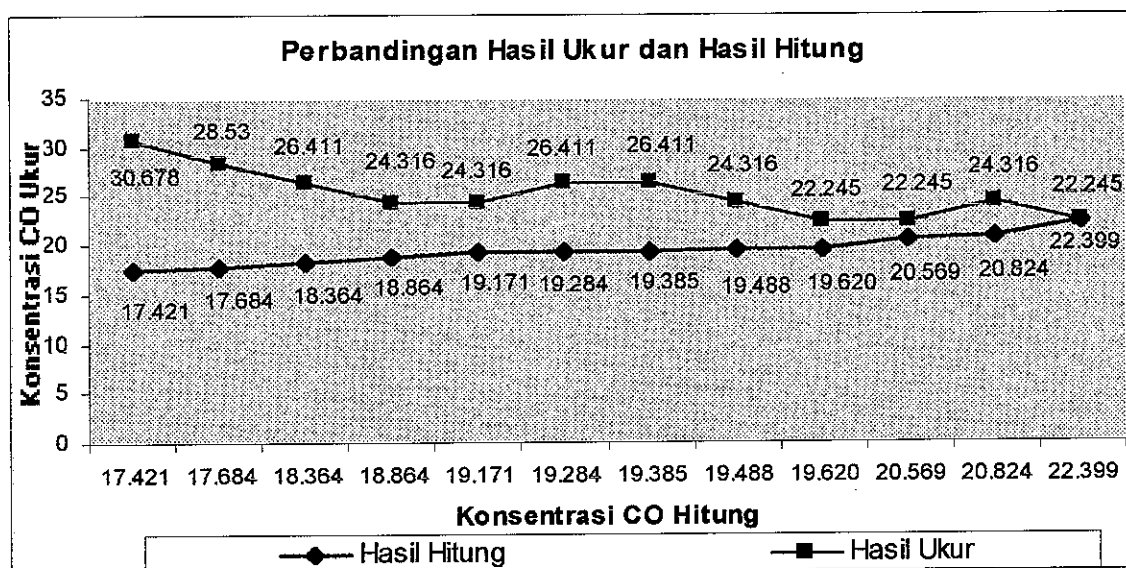
Dari model diatas yang mana nilai Q/L adalah kekuatan emisi per unit jarak, nilai bisa dinyatakan dalam $g/detik\ meter$. Besar emisi gas pencemar berbanding lurus dengan jumlah kendaraan yang lewat di suatu sumber garis. Besarnya konsentrasi, berbanding lurus dengan besar emisi pencemar yang artinya apabila tingkat emisi yang

dihasilkan di persimpangan tinggi, maka konsentrasi terukur yang ada di lokasi juga tinggi.

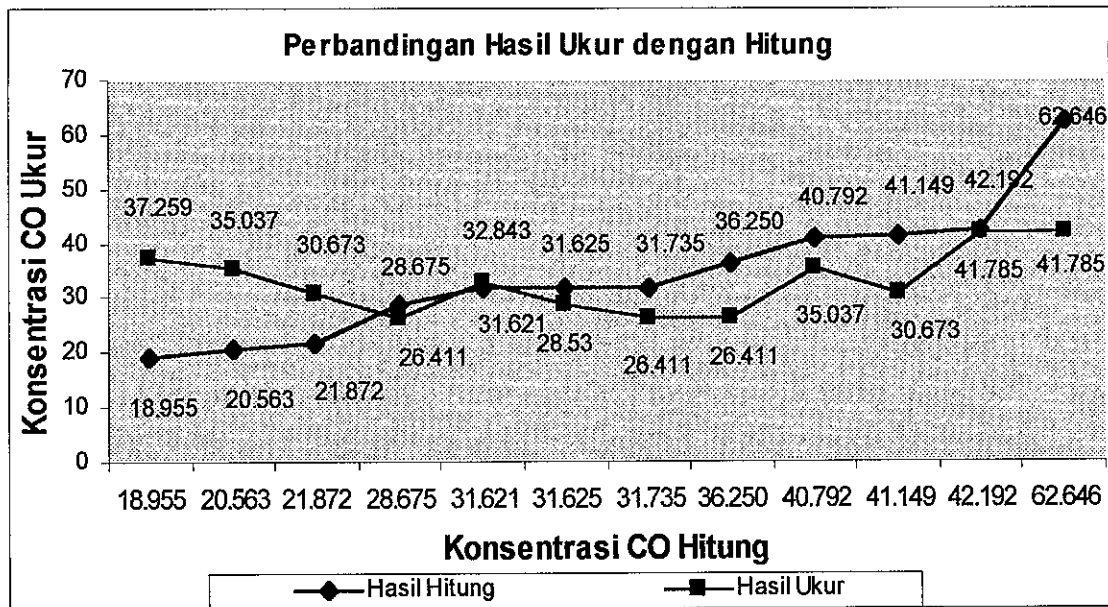
Model yang dipakai merupakan model yang berperan penting sebagai perangkat pembantu dalam pengelolaan kualitas udara, namun demikian model yang dikembangkan sangat tergantung pada masukan (input) yang digunakan seperti faktor emisi, parameter lalu lintas dan variabel meteorologi yang memadai.

Didalam penelitian ini, pengamatan baik kondisi meteorologi, kualitas udara ambien dilakukan pada satu titik pengamatan pada setiap persimpangan.

Dengan persamaan diatas dilakukan perhitungan dengan data yang diukur pada persimpangan, dan didapatkan harga parameter diadakan perhitungan yang berulang-ulang hingga didapatkan harga nilai rata-rata sebesar 0.334. Nilai rata-rata ini dipergunakan kembali terhadap rentang data yang sama dan diperoleh nilai E pada simpang Bagindo Aziz Chan 4.619% dan pada simpang Lubuk Begalung diperoleh nilai E 21,810%.



Gambar 4.23 Perbandingan Konsentrasi Ukur dan Hitung di Simp Lubeg

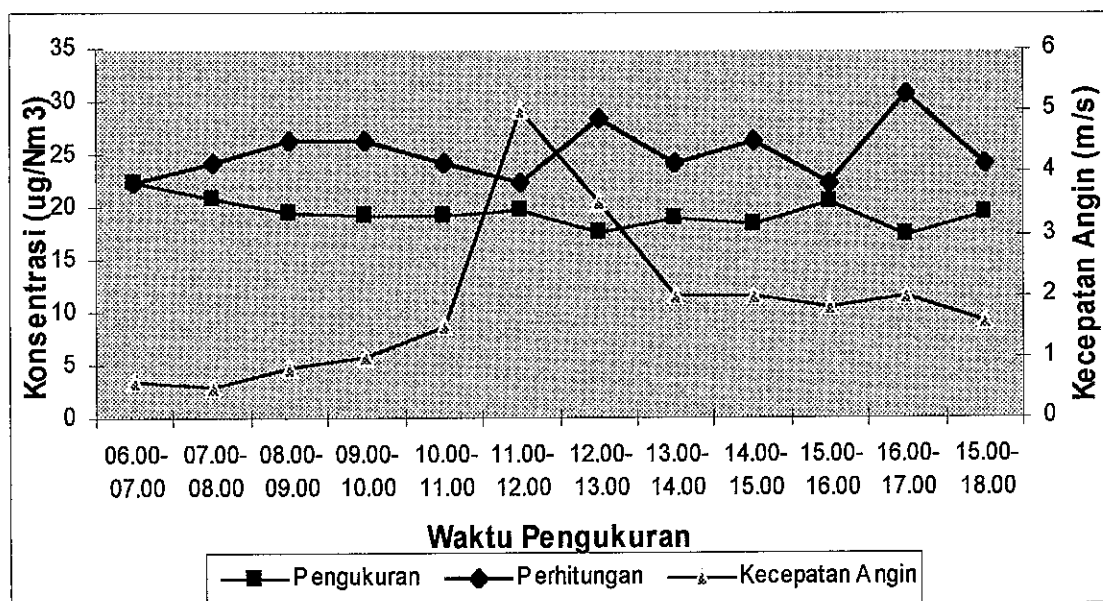


Gambar 4.24 Perbandingan konsentrasi Ukur dan Hitung di simpang BAC

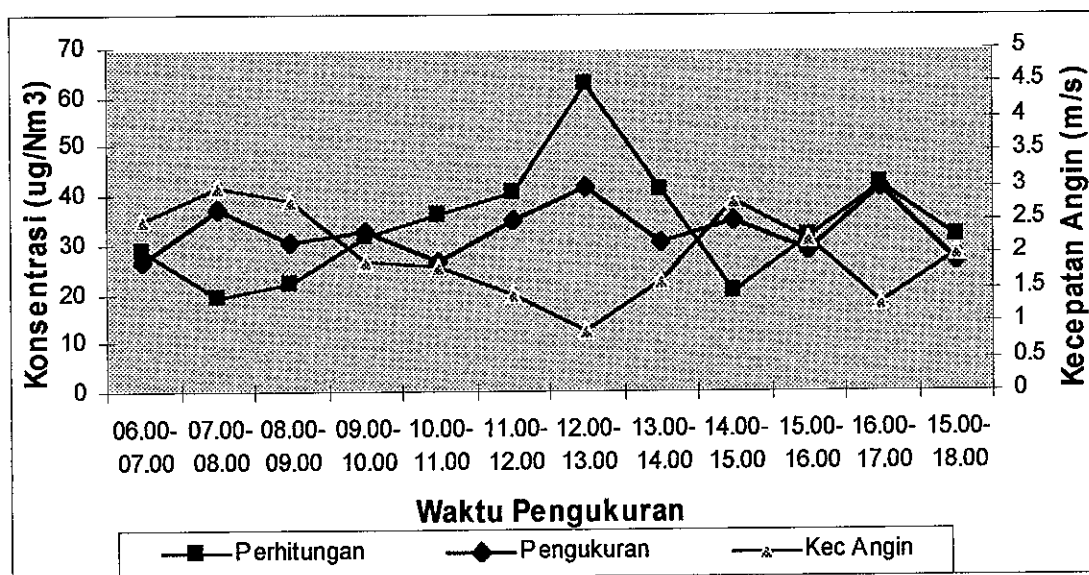
Pada gambar 4.23 dan 24 dapat dianalisa bahwa konsentrasi prediksi dan hasil ukur dari hasil penerapan model pada dua persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan dan Lubuk Begalung di kota Padang. Terlepas dari besarnya error pada perhitungan prediksi konsentrasi pada dua lokasi persimpangan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa akan terjadi peningkatan konsentrasi polutan tersebut, baik langsung ataupun tidak langsung akan memberikan dampak yang tidak baik bagi lingkungan dan kesehatan. Terlihat bahwa hasil perbedaan yang cukup tinggi dengan rata-rata konsentrasi pengukuran terhadap konsentrasi perhitungan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan :

- Penyederhanaan yang rumit untuk persamaan sumber garis pada elevasi sumber dan reseptor tertentu, dan keterbatasan data yang dapat dikumpulkan, efisiensi waktu serta faktor lainnya.

- Mungkin saja terjadi penyimpangan yang akibat dari masih perlu beberapa penyesuaian faktor lainnya yang akan sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan.



Gambar 4.25 Fluktuasi Konsentrasi CO Persimpangan Bagindo Aziz Chan



Gambar 4.26 Fluktuasi Konsentrasi CO Persimpangan Jalan Lubuk Begalung

Melihat gambar 4.25 dan 4.26 dapat dianalisa bahwa kecendrungan apabila kecepatan angin semakin besar maka konsentrasi CO yang terjadi akan semakin kecil atau sebaliknya.

Angin adalah masa udara yang bergerak secara horizontal maupun vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Faktor pendorong bergeraknya masa udara adalah perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lain. Angin selalu bertiup dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara yang lebih rendah, jika ada gaya lain yang mempengaruhi. Tetapi karena ada perputaran bumi pada sumbunya, maka ada gaya yang mempengaruhi arah pergerakan angin. Pengaruh perputaran bumi terhadap arah angin (*Coriolis Effect*) menyebabkan angin bergerak searah jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah.

Arah angin yang berubah-ubah yang tidak mengarah pada titik pengambilan sampel akan berpengaruh pada hasil pengukuran serta diduga juga ada faktor lain. Fluktuasi konsentrasi polutan CO ini terjadi akibat adanya efek pengenceran oleh kecepatan angin terhadap sejumlah emisi kendaraan. Jadi untuk setiap unit massa polutan yang sama pada suatu waktu:

- Apabila angin berhembus dengan kecepatan rendah, maka volume udara pengenceran akan sedikit, sehingga konsentrasi polutan gas yang terbentuk akan relatif besar.
- Sebaliknya bila kecepatan angin relatif lebih tinggi, maka volume udara pengenceran akan lebih banyak, sehingga akan terbentuk konsentrasi polutan gas yang relatif kecil.

Model yang dipakai merupakan model yang berperan penting sebagai perangkat pembantu dalam pengelolaan kualitas udara, namun demikian model yang dikembangkan sangat tergantung pada masukan (input) yang digunakan seperti faktor emisi, parameter lalu lintas dan variabel meteorologi yang memadai.

Disamping itu hasil validasi terhadap data persimpangan Bagindo Aziz Chan menunjukkan nilai Error sebesar yaitu (E) 4,619% dibandingkan hasil validasi terhadap persimpangan Lubuk Begalung dengan nilai Error (E) 21,810%. Hal ini dapat dijelaskan dengan menimbang letak titik reseptor 1 di persimpangan Bagindo Aziz Chan yang berada tepat dekat gedung tinggi yaitu kantor pos, dimana pengaruh turbulensi yang disebabkan angin yang turun dari puncak gedung. Pengaruh turbulensi ini akan terasa saat kecepatan angin cukup besar, yang menyebabkan interferensi konsentrasi yang cukup tinggi.

Tidak lengkapnya data yang tersedia dan keterbatasan data yang dapat dikumpulkan, maka uji model untuk jenis persimpangan yang berlampu lalu lintas diperlakukan secara merata menggunakan persamaan *fixed-time signal*, sehingga tidak dapat terlihat persamaan yang paling cocok diterapkan untuk jenis persimpangan tertentu.

Walaupun demikian, menimbang kepada hasil validasi model terhadap rangkaian data di persimpangan Bagindo Aziz Chan dengan harga koefisien korelasi $R^2 = 0.7776$, kemudian divalidasi juga terhadap rangkaian data pada lokasi di persimpangan Lubuk Begalung dengan harga koefisien korelasi $R^2 = 0.7043$, keduanya menunjukkan hasil yang cukup baik dengan rata-rata korelasi mendekati 1. Ini berarti sekurang-kurangnya 90% probabilitas bahwa pengukuran dan perhitungan dapat

bahwa pengukuran dan perhitungan dapat dijelaskan, yang berarti model Gaussian dapat diterapkan di kedua persimpangan tersebut.

Pada penerapan rumus Gaussian selanjutnya pada persimpangan yang lain di kota Padang diharapkan akan mendapatkan hasil yang tingkat korelasinya akan menyamai atau bahkan lebih tinggi, sehingga model Gaussian akan tepat diterapkan pada persimpangan khususnya kota Padang dan Sumatera Barat umumnya.

Selanjutnya Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2.10 Pengujian dengan menggunakan SPSS

Telah dijelaskan didepan bahwa dengan menggunakan model Gaussian dapat diterapkan pada persimpangan, tetapi dengan mencoba menerapkan uji dengan statistik tentu akan lebih mendukung terhadap argumen terdahulu.

Setelah dilakukan pemasukan data dengan menggunakan parameter-parameter yang diduga mempengaruhi tingkat kualitas udara dipersimpangan seperti :

- Volume lalu Lintas
- Tingkat Pelayanan (*Level of service*) Persimpangan
- Waktu Tunda (*Delay*)

Seperti pada tabel berikut

Tabel 4.12 Daftar Parameter yang diduga mempengaruhi Kualitas Udara

Polutan CO (Y)	Volume lalu lintas (X₁)	Waktu Tunda (X₂)	Tingkat Layanan (X₃)
26.411	2679	38.4	32.5
37.259	4224	49.6	50
30.673	3587	48.8	50
32.842	3784	54.7	50
26.411	3016	38.4	32.5
35.037	4236	45.8	50
41.785	4536	46.7	50
30.673	4125	38.8	32.5
35.037	4018	48.2	50
28.530	3124	39.7	32.5
41.785	4768	54.3	50
26.411	3789	51.7	50

Hasil dari metode Enter SPSS dengan mengambil dependent variabel konsentrasi CO dan independent variabel volume lalu lintas, waktu tunda dan tingkat pelayanan, maka di dapat korelasi terhadap CO : (dilihat dari tabel hasil SPSS correlations)

Untuk parameter - Volume lalu lintas 0.87 dengan signifikansi 0.000

- Waktu tunda 0.532 dengan signifikansi 0.037

- Tingkat layanan 0.628 dengan signifikansi 0.014

Tingkat $R^2 = 0.762$ (dilihat dari tabel hasil SPSS Model Summary)

Uji F dilakukan karena untuk menguji kelinieran dari suatu model, dengan didapat tingkat signifikansi 0.007 berarti < 0.05 , maka artinya hubungan antara parameter dikatakan linier. Maka bentuk persamaannya adalah :

$$Y = 5.526 + 0.00734 X_1 - 0.134 X_2 + 0.121 X_3 \text{ (dilihat dari tabel hasil SPSS coefisient)}$$

Walaupun tingkat korelasinya sudah diatas 0.5 tetapi tingkat signifikannya antar parameter adalah pertama sebesar 0.008, parameter kedua 0.718 sedangkan untuk parameter ketiga 0.674, artinya korelasi tinggi belum tentu parameter itu sangat berpengaruh. Jadi untuk melihat pengaruh parameter-parameter tersebut kemudian dilakukan dengan uji t yang merupakan langkah kedua.

Hasil dari uji t hanya mengambil parameter volume lalu lintas saja dan didapat korelasi 0.87 dengan tingkat signifikansi 0.000, $R^2 = 0.756$ dan persamaan yang dihasilkan adalah : $Y = 3.356 + 0.00768 X_1$.

Jadi dalam hal untuk mempredikasi kedepan, parameter yang sangat mempengaruhi penurunan kualitas udara adalah penambahan jumlah kendaraan yang melewati persimpangan dalam artian kendaraan yang antri.

Karena yang sangat mempengaruhi kualitas udara ambien adalah penambahan volume lalu lintas, maka dengan memperketat uji kendaraan yang dilakukan oleh instansi yang terkait akan sangat membantu dalam menekan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

Jadi jelas bahwa penurunan kualitas udara sangat ditentukan oleh jumlah kendaraan yang lewat pada persimpangan tersebut.

Begitu juga kasusnya dengan jenis konsentrasi polutan yang lain, dapat dilihat pada hasil SPSS pada lampiran E.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan pembahasan bab sebelumnya, dan kondisi kota Padang yang masih dibidang belum tergolong tercemar baik itu menurut Baku Mutu Ambien Nasional menurut PP No. 41 tahun 1999 maupun ditinjau berdasarkan Kep. Meneg LH No. 45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara, pada umumnya untuk gas masih tergolong kategori **baik** dan untuk PM^{10} ada yang tidak sehat walau rata-rata masuk kategori **sedang**, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian adalah :

1. Memang ada terdapat pengaruh yang signifikan antara kejadian antrian kendaraan bermotor dengan penambahan konsentrasi zat pencemar udara di persimpangan. Dikarenakan siklus lampu lalu lintas yang secara langsung berpengaruh penambahan panjang antrian kendaraan bermotor dan mempengaruhi juga emisi pada saat *idle*, *stopping* dan *starting* yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor tersebut.
2. Dari pengaruh antrian tersebut setelah dianalisis didapat hubungan yang ditimbulkan berkaitan dengan penambahan kendaraan bermotor yang antri dengan perubahan kualitas udara di persimpangan adalah sebagai berikut :
 - Pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan adalah dengan koefisien korelasi adalah sebesar 0.7776 sedangkan untuk persimpangan jalan Lubuk Begalung adalah sebesar 0.7043

- Pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan nilai E sebesar 4.619%, sedang untuk persimpangan jalan Lubuk Begalung nilai E sebesar 21.810%.
- Sedangkan besar simpangan yang terjadi pada persimpangan jalan Bagindo Aziz Chan adalah $(S_B) = 0.24$, sedangkan untuk persimpangan jalan Lubuk Begalung $(S_B) = 0.22$

Berdasarkan hasil pengujian dari model Gaussian sumber garis yang diterapkan pada serangkaian data yang diukur di kota Padang yang masih mempunyai *error* (nilai kesalahan) yang masih terbilang cukup besar, tetapi model Gaussian terpilih dan bisa diterapkan untuk mencari penyebaran konsentrasi polutan untuk sumber bergerak / transportasi dipersimpangan khususnya persimpangan Bagindo Aziz Chan dan Lubuk Begalung dan persimpangan kota Padang umumnya.

Hal tersebut diatas juga telah dibuktikan dengan mengolah data memakai metode enter SPSS, jadi memang yang sangat signifikan terhadap pertambahan polutan di suatu persimpangan atau penurunan kualitas udara dengan banyaknya kendaraan yang melewati persimpangan tersebut dengan kata lain kendaraan yang antri.

Error (kesalahan) yang terjadi bisa saja disebabkan berbagai faktor, seperti :

- Faktor manusia sebagai pengambil dan menghitung sampel
- Faktor alat pengmabilan sampel
- Faktor meteorologi
- Dan lain-lain

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dari model dari Gaussian sumber garis yang diterapkan terhadap serangkaian data tersebut diatas, untuk melihat kaitan antara kejadian antrian kendaraan di persimpangan jalan terhadap pembentukan konsentrasi gas Karbon monoksida, Oksigen Nitrogen dan Partikulat di udara, dapat disarankan sebagai berikut :

1. Siklus lampu lalu lintas mempengaruhi total rata-rata panjang antrian yang terjadi di perempatan, yang secara tidak langsung mempengaruhi terhadap kuat emisi *idle*, *stopping* dan *starting*. Maka dalam upaya pengurangan emisi yang ditimbulkan akibat antrian kendaraan bermotor disarankan kepada instansi pengelola jalan untuk memperhatikan waktu dari siklus lampu lalu lintas pada persimpangan yang akan berakibat banyak kendaraan bermotor yang antri.
2. Konsentrasi hasil pengukuran pada dua persimpangan tersebut walau masih jauh berada di bawah Baku Mutu Ambien Nasional menurut PP No. 41 tahun 1999 maupun ditinjau berdasarkan Kep. Meneg LH No. 45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara, pada umumnya untuk gas masih tergolong kategori baik dan untuk PM^{10} ada yang tidak sehat walau rata-rata masuk kategori sedang, namun sudah harus mendapatkan perhatian yang serius dari aparat yang berwenang, sehingga kemungkinan penurunan kualitas udara dapat diantisipasi sedini mungkin

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Bari, S, Ayi Tatang, Penelitian Pencemaran Udara; *Kandungan Polutan NOx diudara dalam hubungan dengan lalu lintas di jalan Tol Layang dan Jalan Alternatifnya Kota Jakarta*, Puslitbang Jalan, Bandung
- Anonim, 1992, *Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta
- Anonim, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta
- Anonim, 1992, *A Guide to Planning and Design At-Grade Intersections*, Directorate General of Highways, Directorate of Urban Road, Jakarta
- Anonim, 2002, *Padang Dalam Angka*, BPS Kota Padang
- Anonim, 2002, *Sumatera Barat Dalam Angka*, BPS Propinsi Sumatera Barat
- Annies, 2002, *Pengaruh Pencemaran Udara terhadap Kesehatan*, Makalah pada seminar Dialog Interaktif Implementasi Program Langit Biru
- Cohn, L. F. & G. R. McVoy, 1982, *Environment Analysis of Transportation System*, John Wiley & Sons, Inc. New York
- Crowford, M., 1976, *Air Polution Control Theory*, Mc Graw Hill, NewYork.
- Turner, DB., 1970, *Workbook of Atmospheric Dispersion*, Washington DC, HEW
- Hobbs, F.D., 1979, *Traffic Planning and Engineering, Second Edition*, Pergamon Press Plc., England
- Khisty, C. J., 1990, *Transportation Engineering An Introduction*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Kristianto, P., 2002, *Ekologi Industri*, Penerbit Andi, Yogyakarta

UPT-PUSTAK-UNDIP

Leggett, J. (ed), 1990, *Global Warming – The Greenpeace Report*, John Wiley & Sons, Inc. New York

McShane, W. R. & Roess R. P., 1993, *Traffic Engineering*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

Nevers, ND, 1995, *Air Pollution Control Engineering*, Mc Graw Hill, Inc, Singapore

Oglesby, C. H. & Hicks R. G., 1982, *Highway Engineering, Fourth Edition*, John Wiley & Sons, Inc.

Ourston, L & Bared J.G., 1995, *Roundabouts, A Direct Way to Safer, Highways Public Roads*, Aunturnn.

Prakoso, Djurit, 2003, *Sampling Dan Metoda Analisis*, Diklat Pengendalian Pencemaran Udara, Serpong 19 – 23 Mei 2003, Asdep Urusan Sarana dan Pengembangan SDM Kementrian Lingkungan Hidup, Jakarta.

Purwanto, 2003, *Transfer dan Transformasi*, Bahan Kuliah Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP

Purwanto, 2003, *Permodelan Rekayasa Lingkungan*, Bahan Kuliah Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP

Rau, J. G and Wooten D. C, 1980, *Environmental Impact Analysis Handbook*, McGraw-Hill Book Company, The Kingsport Press, New York.

Ryadi, S., 1982, *Pencemaran Udara*, penerbit Usaha Nasional Surabaya

Steinfeld, J. H. 1986, *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*, John Wiley & Sons, Ins. Canada

Sters, A.C, 1976, *Air Pollution Vol. 1: Air pollutants Their Transformation & Transport*, Academic Press, New York.

Soedomo, M, 2001, *Pencemaran Udara*, Penerbit ITB, Bandung

Soedomo, M, 1997, Metode Penghitungan ISPU, Bahan Mata Kuliah Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan ITB

Transportation Research Board, 1985, *Highway Capacity Manual, Special Report 209*, Washington, DC, Transportation Research Board, National Research Council

Tri Tugaswati, 1987, *Health Effects of Air Pollution due to automotive lead in Jakarta*, Asia-Pacific Journal of Public Health 1 (4)

Watkins, L.H, 1981, *Environmental Impact of Road and Traffic*, Applied Science Publishers, London.

Wardhana, W. A., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi Yogyakarta.